



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



## A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

## Consignes d'utilisation

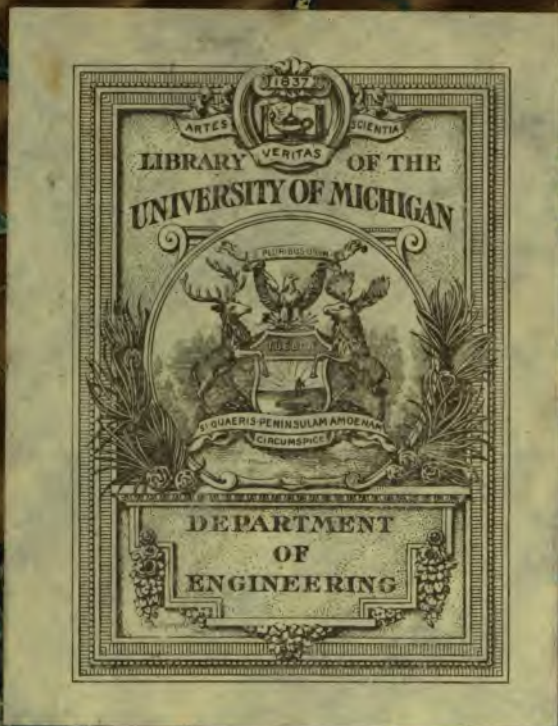
Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

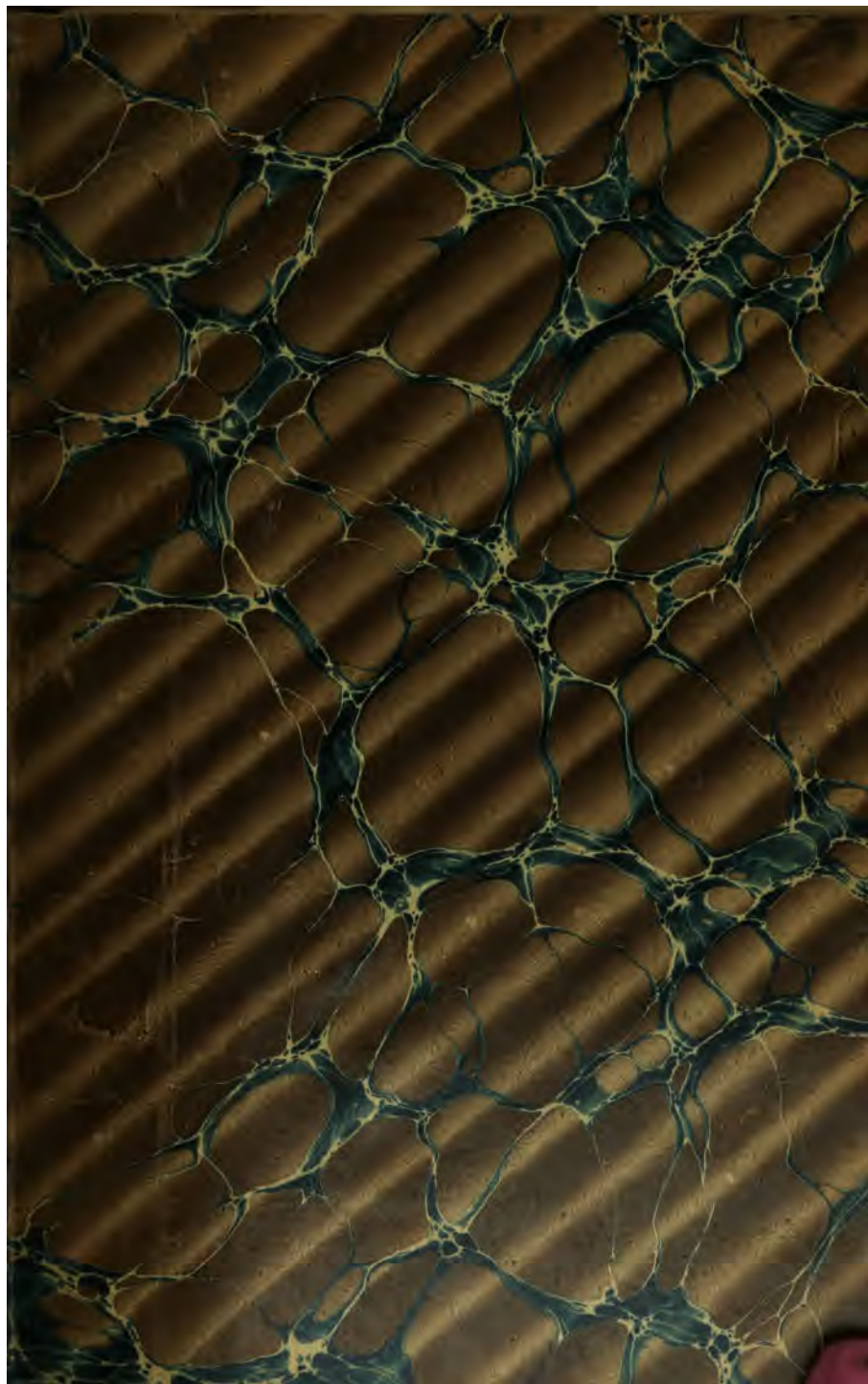
Nous vous demandons également de:

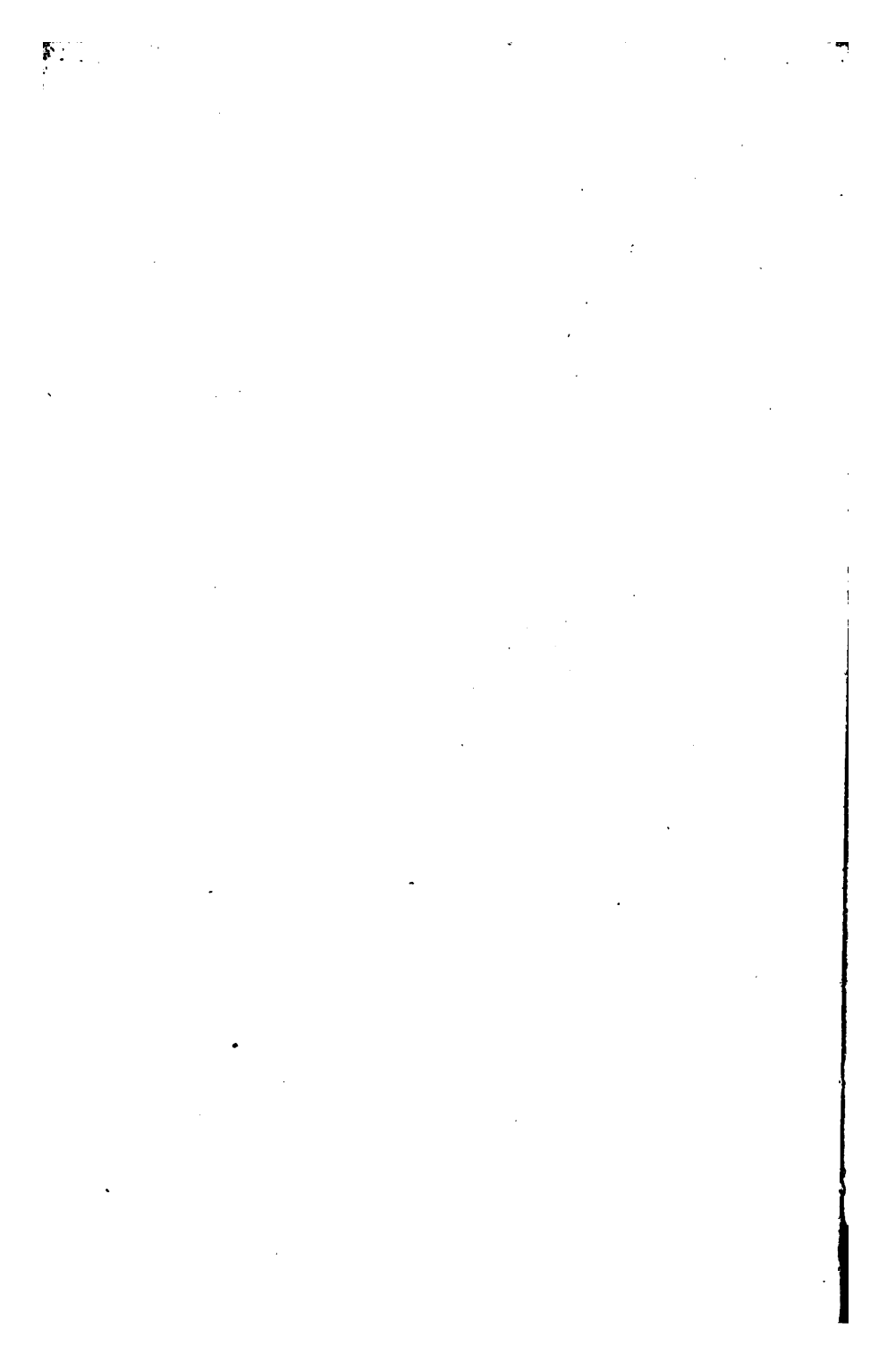
- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

## À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>

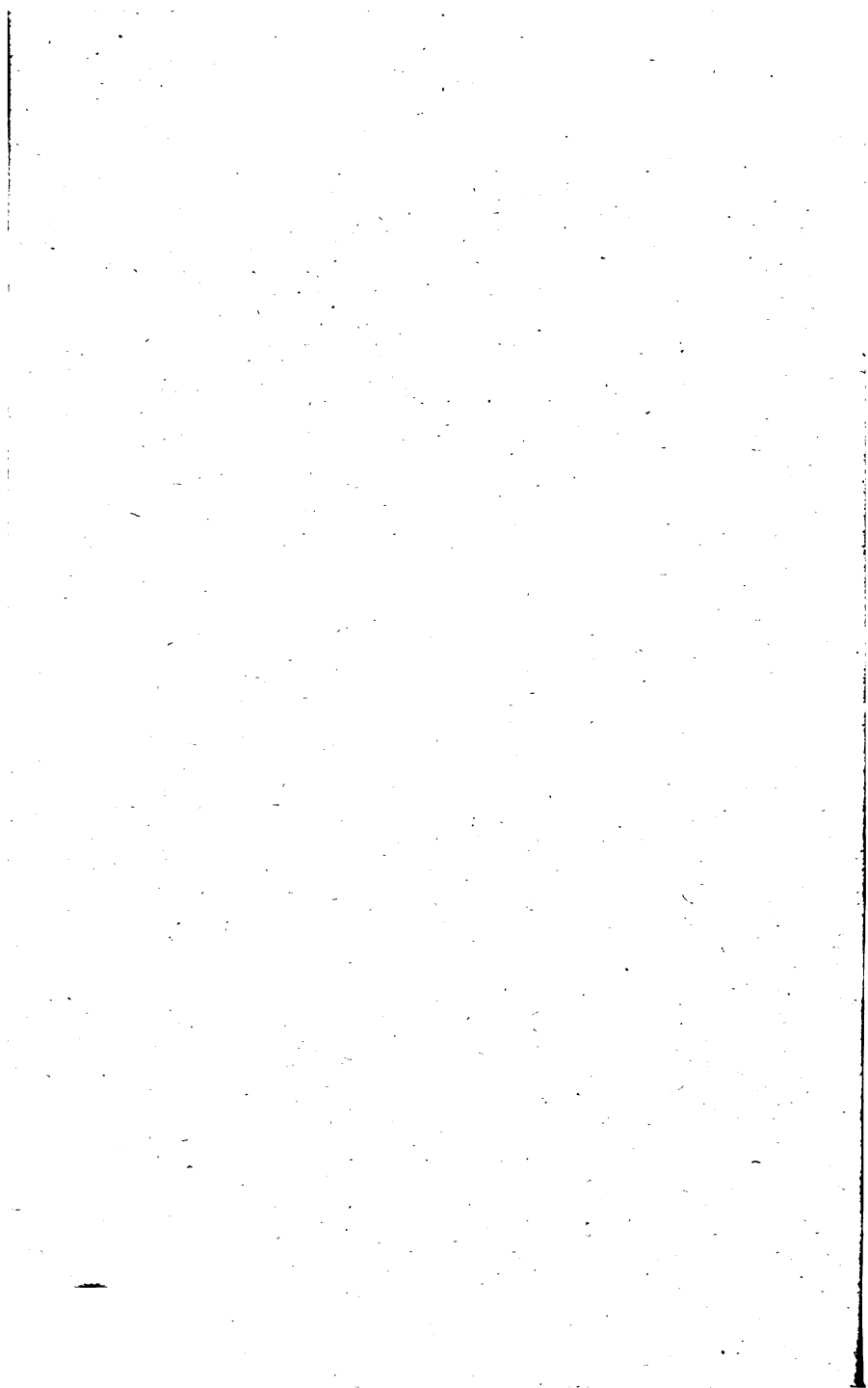






ENGINEERING  
LIBRARY

TJ  
1075  
.V54



# GRAISSAGE DES MACHINES

ET DU

MATÉRIEL ROULANT DES CHEMINS DE FER



TOURS, IMPRIMERIE DESLIS FRÈRES

---

*ancienne*  
**ET. VERNY**

---

# GRAISSAGE DES MACHINES

ET DU

**MATÉRIEL ROULANT DES CHEMINS DE FER**

**MONOGRAPHIE**

CONTENANT LA DESCRIPTION :

- 1° Des engins et procédés nouveaux de graissage au moyen desquels l'usure des machines du fait des frottements est supprimée et la dépense de force motrice et de lubrifiant réduite au minimum.
- 2° Des moyens employés pour mettre les organes graissés à l'abri des poussières les plus intenses.
- 3° De la méthode nouvelle dynamométrique d'essai des lubrifiants et de la détermination de leur titre ou degré lubrifiant.
- 4° Des applications de cette méthode dynamométrique :
  - 1° A l'évaluation du coefficient de frottement, avec les divers lubrifiants des alliages durs ou des alliages mous employés comme coussinets.
  - 2° A la détermination de la force perdue correspondant à l'usure des tourillons et des coussinets occasionnée soit par insuffisance de graissage soit par l'encrassement du lubrifiant, soit par l'action des poussières extérieures.
  - 3° A l'essai comparatif des diverses méthodes et des divers appareils employés pour le graissage des machines et du matériel roulant des chemins de fer (fusées de wagon, cylindres de locomotives, etc.).
  - 4° A la mesure directe de la force absorbée par toute machine marchant à vide ou en travail normal.

---

37 FIGURES DANS LE TEXTE

---

PARIS  
GEORGES CARRÉ, ÉDITEUR

58, RUE SAINT-ANDRÉ-DES-ARTS, 58

—  
1892



## INTRODUCTION

Quelle est l'importance du graissage en mécanique ?

Par la multiplicité des appareils de graissage exposés en 1889, on a pu juger quelle importance attachaient de plus en plus les ingénieurs, les constructeurs et les industriels au parfait graissage des machines. Les machines mal graissées sont de ce fait en peu de temps complètement dépréciées. Le graissage est en effet la condition essentielle de leur durée et de leur conservation indéfinies, puisque, lorsqu'il ne fait jamais défaut en quantité et en qualité, les organes d'une machine, grâce au lubrifiant interposé, ne s'usent rigoureusement pas. Il est la condition essentielle de leur rendement en quantité et en qualité : en quantité, puisque la force motrice absorbée par une machine varie du simple au double, au delà même, suivant qu'elle

est bien ou mal graissée ; en qualité, puisque faute de graissage les machines perdent leur précision et que du bon ou du mauvais état où elles se trouvent dépend le bon ou le mauvais travail qu'elles produisent.

Enfin le graissage pèse d'un poids considérable dans les frais généraux d'une fabrication, au point de changer complètement les prix de revient. Outre le rendement en quantité et en qualité des machines, les frais du combustible employé comme force motrice, les frais de main-d'œuvre et d'entretien, les frais d'amortissement des usines, peuvent, suivant le bon ou le mauvais graissage, la bonne ou la mauvaise hygiène des machines, si nous pouvons parler ainsi, réduire au minimum ou varier jusqu'à les doubler les frais généraux de fabrication ; on conçoit que les prix de revient eux-mêmes dans lesquels ces frais entrent pour une part considérable, pour le quart ou le tiers ordinairement, dépendent en grande partie de la solution plus ou moins parfaite que chaque concurrent industriel ou que le constructeur de ses machines a su donner à ce problème.

Le problème du graissage est donc d'une importance capitale. Quant à la manière de le résoudre, nous ne croyons pas qu'on puisse la trouver en dehors de la méthode nouvelle basée sur le principe *de la circulation surabondante d'huile toujours pure autour des tourillons*, méthode qui se trouve exposée et développée dans cette monographie ; nous disons de la méthode nouvelle, et si le caractère de nouveauté pouvait être contesté à cette méthode, malgré l'absence dans le domaine public d'appareils construits sur le principe qui lui sert de base, parce qu'elle est tellement rationnelle qu'à sa réalisation sciemment ou inconsciemment, tous les efforts dans la voie de l'amélioration des anciens procédés ont dû forcément tendre ; tout au moins c'est bien à des appareils et à des moyens nouveaux qu'il a fallu avoir recours pour l'appliquer, pour généraliser cette application à tous les cas usuels de la mécanique courante, pour l'étendre même à plusieurs où les difficultés de graissage n'avaient pu être surmontées.

Le plan de ce traité est de ne donner la description des appareils qui réalisent cette méthode et

qui embrassent les machines industrielles de toutes catégories, les machines à vapeur et le matériel roulant des chemins de fer, qu'après une exposition préalable et une analyse approfondie de ce qu'est le frottement en mécanique et de ce qu'est le graissage, de ce que sont les lubrifiants et la manière de les appliquer. On verra ensuite par quelle méthode dynamométrique on arrive à titrer exactement ces lubrifiants et à déterminer la vraie valeur commerciale des huiles de graissage, grâce au dynamomètre de rotation, dû à M. Leneveu, d'une remarquable sensibilité, qui a été appliqué à ces essais. Cette mesure dynamométrique directe du coefficient de résistance de chaque huile suivant son pouvoir lubrifiant, a été étendue à la recherche de ce que vaut un système ou un appareil de graissage, à ce que tel ou tel métal, tel ou tel alliage employé comme coussinet peut faire économiser de force motrice, suivant l'adhérence des diverses huiles pour ces métaux ou suivant la compressibilité de ces métaux.

Enfin un chapitre tout spécial est consacré, à cause des économies extraordinaires que son amé-

loration fait réaliser, au graissage des fusées de wagons et des cylindres de machines locomotives des chemins de fer.

Le principe de graissage énoncé plus haut est celui du graissage théoriquement parfait, car on ne peut rien imaginer au-delà de la surabondance d'alimentation et d'interposition du lubrifiant entre les surfaces, unie à la pureté toujours égale de ce lubrifiant. Quant aux moyens de l'appliquer, ils consistent surtout dans l'emploi de la grenaille sous les deux formes, de grenaille à grains ronds dans certains cas, de grenaille de plombagine filtrante à grains plats dans d'autres cas, cette grenaille au travers de laquelle l'huile circule résolvant la triple difficulté, restée jusqu'ici sans solution, de rendre facilement réglables les appareils graisseurs même pour les débits les plus invraisemblablement petits de une goutte par exemple en vingt-quatre heures, d'assurer la régularité et la continuité indéfinies de ces débits malgré les poussières les plus intenses répandues dans l'air ambiant, enfin de purifier automatiquement l'huile circulant indéfiniment autour des tou-



rillons, soit que la purification ait lieu dans les organes de machines eux-mêmes, soit qu'elle s'effectue dans un filtre à part hors de ces organes.

L'emploi de la grenaille, quelque poussière qu'il soit dans l'air pour l'encrasser, ne peut faire craindre un mauvais fonctionnement des appareils dans un avenir aussi éloigné qu'on le suppose, puisque par le remplacement de cette grenaille on est assuré de les voir donner indéfiniment de parfaits résultats ; or ce remplacement ne s'effectue que très rarement et seulement à des intervalles de plusieurs années pour les industries elles-mêmes qui développent le plus de poussières. Ce remplacement représente d'ailleurs une dépense insignifiante de 1 à 2 centimes seulement par appareil ; on pourrait même l'éviter en augmentant la dimension ordinaire des appareils, attendu que la lenteur d'encrassement dépend du rapport qui existe entre la surface de la grenaille et la section de l'orifice de débit ; ce rapport pouvant être indéfiniment augmenté, la durée de service de la même grenaille pourrait l'être également.

Quant à la sécurité de fonctionnement, elle est

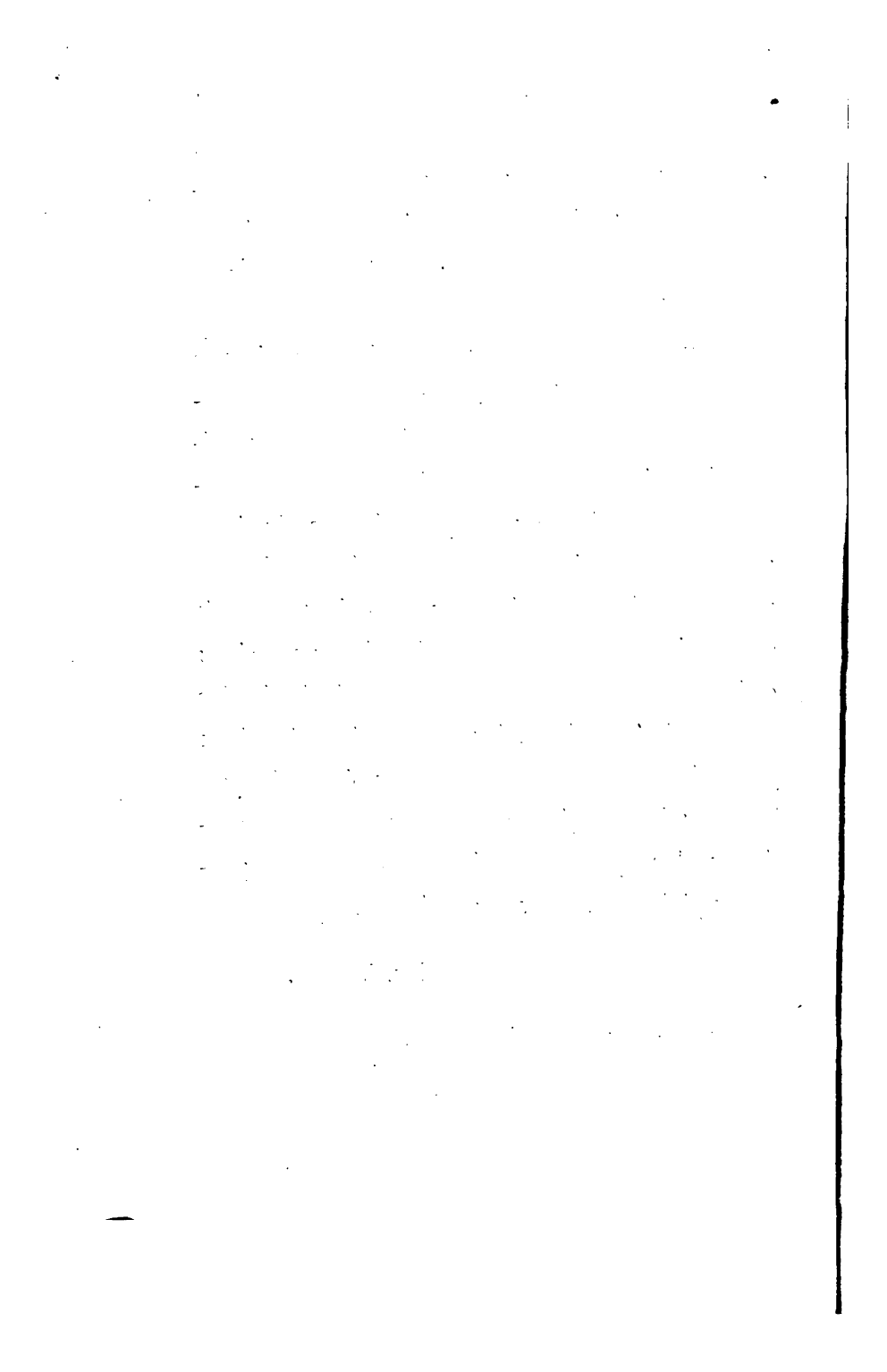
tout à fait complète, les arrêts brusques ou fréquents étant impossibles avec la grenaille, puisque son encrassement ne se produit qu'avec une extrême lenteur.

Enfin, de ce que la grenaille opère le graissage sans aucune surveillance, sans aucun soin des appareils, ces appareils sont pratiques. Cette praticabilité qui est en mécanique la pierre d'achoppement des machines ou des procédés les plus irréprochables, les plus parfaits en théorie, est d'autant plus essentielle que les appareils dont il s'agit s'emploient en plus grand nombre dans une usine ; or le graissage est sans contredit ce qu'offre de plus général le domaine lui-même de la mécanique générale, les organes à graisser étant innombrables ; il s'ensuit que cette qualité d'être pratiques, les appareils graisseurs doivent la posséder pleinement et sans restriction.

ET. VERNY.

Réaumont (Isère).

---



# GRAISSAGE DES MACHINES

ET DU

MATÉRIEL ROULANT DES CHEMINS DE FER

MONOGRAPHIE

---

## I

### ANALYSE DU PHÉNOMÈNE DU GRAISSAGE

NATURE ET CAUSE DU FROTTEMENT EN MÉCANIQUE

D'après les lois d'inertie énoncées pour la première fois par Kepler, un point matériel en mouvement, si aucune cause n'agit sur lui, conserve indéfiniment un mouvement uniforme rectiligne <sup>1</sup>.

De même, si l'on supposait un des points d'une jante de roue roulant sur un plan rectiligne ou curviligne, ou bien un des points d'un tourillon animé d'un mouvement circulaire autour de son axe, ces points, abstraction faite de la pesanteur et de la forme des organes qui agissent sur eux, resteraient indéfiniment et uniformément animés de leur mouvement initial de translation dans l'espace.

Par contre, cette loi d'inertie est contrariée d'autant plus que le mouvement d'un point est, par une cause agissant sur lui, plus fortement et un plus grand nombre

<sup>1</sup> La stabilité de l'Univers nous paraît être le grand exemple de la loi d'inertie (Voir l'appendice).

se me sans le moindre espace le temps dévié la direction initiale uniforme et rectiligne

Le mouvement d'un tourillon sans un coussinet est un mouvement de roulement: un tourillon tend à se faire rouler exactement comme la roue d'une roue à vitre sur une route. Un bandage de chemin de fer sur les rails mais, par la forme du coussinet qui convertit le mouvement de roulement en mouvement de glissement, amoncellement continu et constant de la résistance à la loi d'inertie. Cette résistance est pour un poids ou une pression donnée, directement proportionnelle au nombre de tours et au diamètre du tourillon ou pour un nombre de tours donné, directement proportionnelle au poids et au diamètre du tourillon.

Non cette règle est mécanique, que l'effort perdra et l'autant moindre pour les tourillons que leur diamètre est plus petit.

Il s'agit de la nécessité d'employer les matériaux les plus résistants afin de pouvoir diminuer le diamètre des tourillons et de le diminuer le plus possible sans toutefois compromettre leur solidité au regard à la charge qu'ils doivent porter.

On allonge d'autre part autant qu'on le peut la longueur de ses tourillons pour faciliter, ainsi que nous l'expliquons plus loin le graissage.

Par la même manière et pour la même raison, la forme des roues dévie constamment les bandages de leur direction initiale qui est rectiligne et horizontale, pour passer successivement tous les points de la génératrice tangente au rail; la résistance à la loi d'inertie est, pour un poids ou une pression donnée, directement

proportionnelle au nombre de tours et inversement proportionnelle au diamètre des roues ; ou bien, pour un nombre de tours donné, proportionnelle inversement au diamètre des roues et directement au poids ou à la pression.

D'où cette règle en mécanique que l'effort perdu est d'autant moindre pour les véhicules roulants, que le diamètre des roues est plus grand.

Dans ces deux cas, du mouvement d'un tourillon dans ses coussinets et du mouvement d'une roue sur des rails, et pour toutes les formes du reste de mouvement en mécanique (attendu que ces mouvements s'opèrent et se transmettent toujours au moyen d'organes soumis à la loi d'inertie), cet effort perdu et cette résistance, qui sont plus ou moins grands suivant que la forme du mouvement met plus ou moins d'obstacle à la loi d'inertie, se traduisent par une pression des surfaces animées, l'une par rapport à l'autre, d'un mouvement de translation ; cet effort perdu, cette résistance, constituent le *frottement*.

Le frottement est faible lorsqu'il s'agit d'un glissement ayant lieu dans le même plan et toujours dans le même sens, parce que la loi d'inertie n'est que faiblement contrariée ; il est plus considérable pour le mouvement des tourillons et des roues d'essieu dans lesquels le mouvement initial est constamment dévié, mais uniformément ; il est maximum pour les mouvements alternatifs brusquement interrompus.

Pour les mouvements de roulements il faut de l'adhérence entre la roue et le sol ou entre le bandage et le rail ; le poli des surfaces et leur dureté (autant qu'ils ne nuisent pas à cette adhérence) sont la seule manière

d'atténuer le frottement. Pour les mouvements de glissement des tourillons dans les coussinets, nous allons étudier le rôle des lubrifiants.

**Définition du frottement.** — D'après ce qui précède, on peut définir le frottement, indépendamment de la cause qui le produit : la résistance qu'offrent deux surfaces pressées l'une contre l'autre et animées d'un mouvement de translation l'une par rapport à l'autre. D'après la forme du mouvement, le frottement est ou bien un glissement, ou bien un roulement accompagné ou non de glissement.

**Définition du frottement de glissement.** — Le frottement de glissement est la résistance de deux surfaces pressées l'une contre l'autre et animées d'un mouvement de translation dans des conditions telles que les deux surfaces restent toujours, l'une par rapport à l'autre, dans le même plan curviligne ou rectiligne.

Tels les mouvements de glissières, d'excentriques, poulies folles, etc.

**Définition du frottement de roulement.** — Le frottement de roulement est la résistance de deux surfaces pressées l'une contre l'autre et animées d'un mouvement de translation dans des conditions telles que les surfaces ou l'une des surfaces change constamment, l'une par rapport à l'autre, de plan curviligne ou rectiligne. Tels les mouvements des roues de voiture, de chemin de fer, etc.

Comme nous l'avons dit, le mouvement d'un tourillon dans un coussinet est un mouvement de roulement

qui s'effectue nécessairement sur lui-même et est converti ainsi en glissement.

**Des lubrifiants.** — La résistance de frottement varie avec la nature des surfaces frottantes. Chaque corps a son coefficient de frottement.

*A priori*, la résistance de deux corps solides, frottant l'un contre l'autre, est plus grande que celle d'un solide et d'un liquide, celle-ci plus grande que celle de deux liquides, celle-ci plus grande enfin que celle de deux corps gazeux.

Qu'est-ce qu'un lubrifiant ?

Un lubrifiant est un corps interposé, plus doux, plus onctueux que les surfaces frottantes, susceptible de se substituer à ces surfaces, de s'user à leur lieu et place et de se renouveler au fur et à mesure de cette usure.

La propriété de douceur des lubrifiants se nomme onctuosité ; elle doit être unie, pour qu'il y ait à la fois interposition entre les surfaces et renouvellement, à un degré suffisant de fluidité.

Chaque lubrifiant a un degré ou coefficient d'onctuosité qui lui est propre ; il a aussi une certaine capacité onctueuse, c'est-à-dire la propriété, à un degré qui lui est propre, de garder plus ou moins longtemps son onctuosité quand on l'interpose entre deux surfaces frottantes.

Le produit de ces deux quantités constitue le *pouvoir lubrifiant* des corps onctueux.

Le pouvoir lubrifiant des corps onctueux se mesure à l'aide des dynamomètres, leur fluidité à l'aide des fluidimètres ou ixomètres.



**Le rôle du lubrifiant est de supporter toute l'usure due au frottement, au lieu et place des surfaces.** — Puisque l'huile dans le graissage se substitue aux surfaces, elle subit l'écrasement dû au frottement : si elle ne fait pas défaut, elle supporte tout entière l'usure que subiraient les surfaces. Voilà pourquoi, quand le lubrifiant ne manque jamais, ni en quantité ni en qualité, aux machines, même après dix, vingt ans et plus de service, qu'elles qu'aient été les pressions ou vitesses, on les retrouve absolument sans usure : voilà pourquoi, d'un autre côté, le lubrifiant s'usant, se dénaturant constamment et de plus en plus, son renouvellement constant s'impose comme une nécessité absolue.

Que devient l'huile usée, laminée par le frottement ?

Elle perd peu à peu son pouvoir lubrifiant, c'est-à-dire son onctuosité, sa capacité onctueuse et sa fluidité ; non seulement celles-ci disparaissent, si l'on pousse le service d'une huile au-delà d'une certaine limite, mais encore les propriétés opposées se substituent à l'onctuosité et à la fluidité ; l'huile devient épaisse et siccativ ; les surfaces finissent par se roder et par se gripper.

Enfin, comme une élévation de température correspond toujours à un travail résistant, à cette usure de l'huile correspond un échauffement combattu ordinairement par le refroidissement de la masse du palier par l'air ambiant.

Un échauffement des surfaces frottantes témoigne toujours d'un manque de graissage : on peut l'éviter, quelle que soit la charge ou la vitesse, en appliquant à ces surfaces toutes les conditions requises pour un parfait graissage.

Quelles sont les règles à suivre pour appliquer les lubrifiants ?

Est-ce la qualité, est-ce la quantité qui doit être recherchée de préférence pour un graissage parfait ?

Quelle influence a le degré de poli des surfaces, quelle influence a leur étendue sur la résistance de frottement ?

**L'épaisseur de la couche de lubrifiant entre les surfaces peut suppléer à sa qualité.** — Nous répondons que la quantité de lubrifiant, c'est-à-dire son épaisseur entre les surfaces, suppléerait à sa qualité, au manque de poli des surfaces, à leur manque d'étendue, s'il était possible de rendre cette épaisseur assez grande.

C'est ainsi qu'un bateau, par exemple, glisse avec le minimum de résistance sur l'eau à la surface de laquelle il flotte ; le mouvoir sur de l'huile ne diminuerait que fort peu cette résistance. Un train de chemin de fer, glissant sur l'eau interposée entre les patins et les rails (les chemins de fer glissant ont fonctionné comme expérience à l'Exposition de 1889), n'offrirait pas une résistance beaucoup moindre si l'on remplaçait l'eau par de l'huile.

Comme exemple particulièrement intéressant, nous connaissons des tourillons de défibreurs supportant chacun un effort de plus de 100 chevaux et tournant sur de l'eau ; celle-ci, sous l'énorme pression de 500 mètres de chute, est amenée par un tube sous le tourillon qu'elle maintient soulevé ; de sorte que la rotation a lieu sur l'eau avec une résistance très faible de frottement. Cette résistance ne serait pas sensiblement moindre si à la nappe d'eau on substituait une nappe d'huile.

C'est qu'une épaisseur considérable de lubrifiant entre les surfaces, s'il est possible de l'obtenir, change les conditions du phénomène. Il y a glissement, non plus comme pour le cas d'une couche infiniment mince de lubrifiant, de la surface du tourillon avec cette couche, d'une part, de la surface du coussinet avec cette même couche, d'autre part (le degré de poli des surfaces métalliques se faisant ici sentir et étant un facteur important dans la résistance de frottement), mais il y a glissement du tourillon sur une première couche d'huile, de cette première couche sur une seconde, de cette seconde sur une troisième et ainsi de suite, jusqu'au coussinet, de sorte que la nappe de lubrifiant se trouvant assez épaisse, et quelle que soit la qualité de cette nappe liquide, le frottement serait insignifiant, même si les surfaces offraient de grandes aspérités.

On le voit, le degré de poli des surfaces n'est facteur dans le phénomène du graissage que parce qu'il n'est pas possible d'augmenter assez la couche de lubrifiant interposée; mais, en réalité, il a dans la pratique une très grande importance, parce qu'on ne peut obtenir qu'une couche extrêmement mince de lubrifiant entre les surfaces fortement chargées.

Au reste, le mouvement de ces surfaces elles-mêmes arrive tôt ou tard à les polir autant que le comportent les métaux dont elles sont formées, mais au prix de quelle dépense de force motrice et d'huile et en exposant à combien d'accidents! Il n'est pas rare, en effet, qu'un manque d'ajustage ou la mauvaise qualité des métaux rende difficile la mise en marche d'un tourillon soumis à une forte charge, et quelquefois impossible sa marche normale sans échauffement ni usure, jusqu'à

occasionner même des grippages et nécessiter un remplacement.

Quand on ne peut obtenir la quantité de lubrifiant entre les surfaces frottantes, on doit suppléer par la qualité à ce manque de quantité.

**L'épaisseur de la couche de lubrifiant peut suppléer au manque d'étendue des surfaces.** — Pourvu que la veine liquide supportant la charge et l'usure soit renouvelée surabondamment, l'épaisseur de cette veine liquide suppléerait à son peu d'étendue en surface; mais, comme la difficulté est, pour les lourdes charges, d'obtenir une interposition d'huile suffisante, une couche suffisamment épaisse entre les surfaces, cette difficulté d'interposition est d'autant moindre, la couche interposée d'autant plus épaisse et le graissage d'autant plus facile et d'autant meilleur que cette charge est répartie sur un plus grand nombre de centimètres carrés.

Nous avons vu qu'il faut restreindre le plus possible le diamètre des tourillons en vue d'économiser la résistance; pour concilier l'emploi des faibles diamètres, afin de diminuer la résistance, et la nécessité des grandes surfaces, afin de faciliter le graissage, on recourt à l'emploi des métaux les plus durs, en adoptant le diamètre suffisant suivant la charge que doivent supporter les tourillons et en augmentant le plus qu'il est possible la longueur de ces tourillons.

**Difficulté d'interposition de l'huile, propriété de certaines huiles et des métaux mous antifriction d'adhérer davantage.** — Chaque métal a une structure grenue susceptible d'un degré de poli plus ou moins grand,

mais chacun a, en outre, un pouvoir d'adhérence plus ou moins grand pour l'huile et pour chaque variété d'huile en particulier; chaque huile, de son côté, a son pouvoir d'adhérence particulier.

La viscosité des huiles est loin d'être la propriété d'adhérence dont il s'agit ici; ordinairement les huiles les plus adhérentes sont en même temps les plus fluides; les huiles d'olives, de colza, par exemple, malgré leur fluidité, jouissent plus que les autres de cette propriété d'adhérer aux métaux frottant sous une lourde charge. Chaque variété d'huile conserve, en outre, plus ou moins son pouvoir d'adhérence quand on élève la température.

La difficulté la plus grande du graissage étant l'interposition surabondante, le choix des métaux et des huiles ayant le plus d'adhérence les uns pour les autres a une très grande importance.

Les métaux mous antifricition, mélange d'étain, de cuivre et d'antimoine, ont la double propriété de donner des surfaces d'un poli remarquable à cause de leur compressibilité, ainsi que nous l'expliquons plus loin, et de forcer par adhérence (avec les huiles végétales surtout) une nappe plus importante d'huile à s'interposer.

Il résulte de ces deux propriétés que l'emploi des antifrictions procure un avantage au point de vue de l'économie d'usure, de force motrice et de consommation d'huile.

Pour les essieux de wagons de chemin de fer, le choix des métaux et des huiles les plus adhérents a une extrême importance à cause de la très grande difficulté d'interposition de l'huile entre les surfaces. En effet,

l'huile amenée sous la fusée par le tampon graisseur tend à retomber par son propre poids, au lieu d'être entraînée. Plus l'huile est adhérente et fluide et plus abondamment elle s'insinue entre les surfaces fortement chargées du coussinet et de la fusée; une huile épaisse et visqueuse est non seulement aspirée avec difficulté par le tampon, mais une fois sur la fusée la pression du coussinet s'oppose à son interposition, en raison même de sa viscosité.

**Préjudice causé aux machines par les poussières.** — Les poussières qui atteignent constamment les mille organes des machines sont, après le défaut de graissage, une des causes de leur détérioration.

Mélangées à l'huile, elles l'empêchent de remplir un rôle qui est de préserver les surfaces frottantes de l'usure, de sorte que le graissage n'est plus une lubrification; il devient un rodage lent et incessant, déterminant en peu de temps du jeu dans tous les organes, la dépréciation des machines, une grande perte de force motrice et une consommation beaucoup plus grande de lubrifiant, à tel point qu'il servirait à peu de chose d'avoir obtenu que l'huile ne manquât jamais aux machines si, par sa qualité altérée par les poussières ou autres impuretés, toutes les conséquences du défaut de graissage étaient encourues.

Préserver les surfaces de tout contact des poussières est donc une condition du problème aussi importante que le problème lui-même : obtenir une circulation et une interposition surabondantes de lubrifiant. Nous verrons comment cette condition peut être remplie.

## GRAISSAGE DES TOURILLONS

**Circulation surabondante d'huile toujours pure.** — On ne saurait viser à alimenter le tourillon d'un palier de la quantité d'huile seulement nécessaire, en laissant l'usure, la dénaturation de cette quantité s'effectuer jusqu'à épuisement; la perte de force motrice, l'usure des machines sont les conséquences de ce manque de quantité et de qualité du lubrifiant.

Pour obtenir à la fois cette qualité et cette quantité, il faut, pour le graissage d'un tourillon :

- 1° L'alimentation surabondante de ce tourillon ;
- 2° La circulation et l'interposition surabondantes de l'huile entre les surfaces du tourillon et du coussinet;
- 3° Son évacuation sans perte hors des tourillons et sa récupération ;
- 4° Sa purification dans le palier lui-même ou hors du palier ;
- 5° Enfin la préservation des surfaces frottantes de tout contact des poussières extérieures.

Réaliser ces cinq conditions, c'est appliquer la méthode du graissage par « circulation surabondante d'huile toujours pure ».

**Alimentation surabondante des tourillons.** — On doit éviter, pour remonter l'huile indéfiniment aux tourillons, tout procédé qui tend à agiter, à battre l'huile; ce battage a pour résultat, avec les huiles végétales ou animales, de les épaissir, de les acidifier et de les dénaturer très promptement; avec les huiles minérales, de les décomposer sous l'action de l'air et de les évaporer.

Beaucoup d'artifices ont été imaginés pour remonter l'huile aux tourillons : les anneaux, les chaînettes, les mèches métalliques, les roulettes, l'aspiration pneumatique, etc.

Satisfont-ils à cette condition essentielle de ne pas agiter l'huile? Les mèches en laine ou en coton et les engins appliquant l'aspiration par capillarité n'ont-ils pas le défaut de s'encrasser et de perdre leur pouvoir capillaire, de plus en plus et dès le premier jour de leur fonctionnement, cet encrassement étant la conséquence du vice même de la méthode de circulation indéfinie sans purification?

Tous les efforts se sont portés jusqu'ici du côté de l'alimentation indéfinie des tourillons, et encore n'ont-ils abouti qu'à des résultats très imparfaits.

Quant à l'interposition surabondante de l'huile entre les surfaces, à son évacuation, à sa récupération, à sa purification automatique, à la préservation des surfaces du contact des poussières, tout, ou presque tout, restait à faire pour réaliser ces conditions essentielles du graissage rationnel.

On doit adopter, pour l'alimentation surabondante des tourillons dans les paliers, soit des godets d'huile en charge à débit réglable à volonté, soit des mèches



et tampons capillaires, mais en les préservant les uns et les autres de tout encrassement, de manière à assurer indéfiniment leur fonctionnement et l'alimentation surabondante (voir plus loin la description des paliers à grenaille, séries A et B).

**Interposition surabondante de l'huile entre les surfaces du tourillon et du coussinet**<sup>1</sup>. — Pour bien graisser, en vain aurait-on obtenu qu'une grande quantité d'huile alimentât surabondamment un tourillon, si cette huile s'écoulait hors du palier sans avoir pénétré entre les surfaces qui subissent le frottement. C'est cependant ce qui se produit avec les paliers construits jusqu'à ce jour.

Presque toute l'huile s'écoule aux extrémités des coussinets sans avoir pénétré entre la partie du coussinet et du tourillon où s'exerce la charge, de sorte que la partie pressée des surfaces est mal graissée. La charge, en effet, s'oppose à l'interposition de l'huile ; quand elle est excessive, cette interposition devient même très difficile.

Une disposition bien simple permet de vaincre cette difficulté. La charge étant verticale, soit le coussinet A (fig. 1), vu en coupe, nous supposons que l'huile est fournie par un godet graisseur, ou encore (fig. 2) que l'alimentation a lieu par un velours V entourant le dessus du tourillon, velours qui est alimenté lui-même par les mèches M, plongeant dans le palier où l'huile est renfermée.

<sup>1</sup> Bien que donnant la description détaillée des appareils nouveaux contenus dans ce volume, l'éditeur entend réserver expressément à leurs auteurs tous les droits qu'ils peuvent avoir sur la propriété exclusive de ces appareils.

Les arêtes intérieures du coussinet inférieur étant abattues, sauf sur les parties extrêmes de celui-ci, et les deux pièces formant les coussinets étant bien ajustées de manière à ne pas laisser s'écouler l'huile, la circulation et l'interposition surabondantes de l'huile entre le tourillon et le coussinet inférieur ont lieu grâce aux

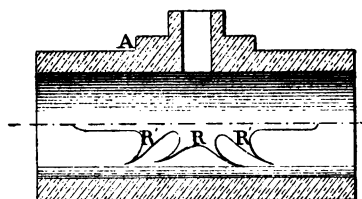


FIG. 1

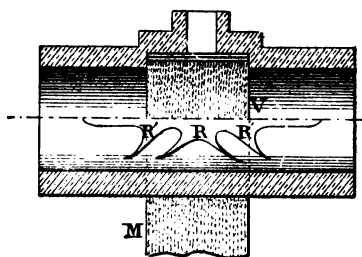


FIG. 2

rainures  $R R'$ , etc., partant du milieu de l'arête abattue et inclinée de manière à diriger l'huile à droite et à gauche aux extrémités du tourillon.

Par cette disposition, le pouvoir d'interposition est augmenté d'une charge d'huile égale à la hauteur verticale de ces rainures ; il est augmenté encore de l'aspiration par ces rainures due au mouvement de l'arbre,

Grâce à ces rainures, l'huile, au lieu de s'écouler hors du palier par le jeu entre le chapeau et le tourillon, est forcée mécaniquement de s'insinuer entre les surfaces, de circuler et de ne sortir du palier qu'après s'être interposée entre le tourillon et le coussinet.

Ces rainures existent des deux côtés du coussinet, de manière à agir quel que soit le sens de la rotation.

Inclinées à droite et à gauche, elles éloignent l'huile de la partie du tourillon qui reçoit le contact du velours ou l'huile du godet graisseur. Ainsi se trouvent établis à la fois la circulation et l'interposition surabondantes de l'huile fournie surabondamment soit par le godet soit par le velours. Celui-ci fournit autant d'huile que lui en prennent les rainures d'après leur inclinaison et la vitesse de l'arbre.

**Évacuation de l'huile hors des tourillons et sa récupération.** — Pour récupérer toute l'huile qui circule autour des tourillons, il faut l'évacuer de telle sorte qu'aucune quantité ne se répande le long des arbres ou sous les paliers.

Cette évacuation et cette récupération nécessaires pour appliquer la circulation indéfinie et surabondante offrent par surcroît l'avantage de conserver toujours aux machines la plus grande propreté.

Dans l'épaisseur des coussinets et à chacune de leurs extrémités (fig. 3) sont venues de fonte des gorges circulaires G autour du tourillon. Un fil de laiton U portant l'appendice N pour le maintenir est placé dans cette gorge ; ses extrémités dépassent un peu l'axe du tourillon et dirigent l'huile vers le trou évacuateur I situé à la partie inférieure de la gorge.

Dans certains cas le fil entoure complètement le tourillon et forme un anneau ; pour les obturateurs de wagons notamment formés d'une plaque de bois, de feutre ou de cuir, ces anneaux sont munis d'un appendice P, s'engageant dans un trou percé dans la partie inférieure, pour les maintenir et les empêcher d'être entraînés par le mouvement du tourillon (fig. 4). Le fil de laiton ou l'anneau sont libres et appuient de tout leur poids sur le tourillon dont ils épousent la forme.

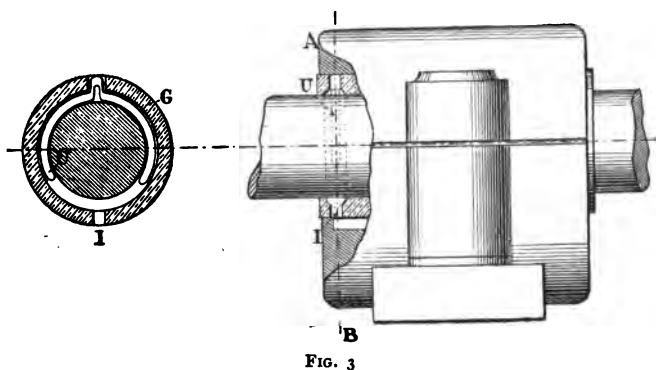


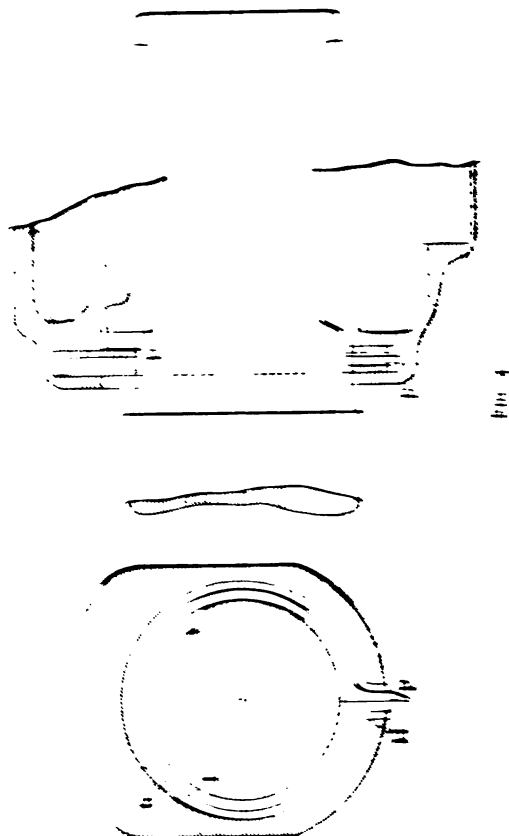
FIG. 3

Le tremblotement et la tendance à l'entraînement qu'ils subissent les maintiennent toujours libres dans la rainure.

Un jeu considérable existe autour de l'anneau pour le passage de l'huile. Quand l'arbre tourne, celle-ci, qui afflue aux extrémités des coussinets, s'écoule le long du fil sans que la plus petite quantité se répande hors du palier.

L'huile éconduite se rend du trou évacuateur H soit dans un vide existant dans le palier, et de là hors du

Le premier effet de cette lubrification est de réduire le frottement entre les surfaces en contact, ce qui permet de réduire les pertes de puissance et d'augmenter la durée de vie des pièces.



Ce système élastique est appliqué non seulement aux pistons, mais encore aux têtes de bielles, aux pou-

lies folles, fusées d'essieux, etc., etc. (voir la description des obturateurs pour boîtes de wagons de chemins de fer).

**Purification de l'huile.** — Pour les dispositions relatives à la purification automatique de l'huile par filtration ou à la fois par décantation et filtration, nous renvoyons à la description des appareils à grenaille, paliers, boîtes de wagons, etc.

Dans les paliers série B et dans les boîtes de wagon, les filtres sont contenus dans les paliers ou dans les boîtes mêmes; grâce à la circulation, la filtration de l'huile y est constante et automatique.

Dans les paliers série A, dans les têtes de bielle, poulies folles, etc., l'huile est recueillie dans un godet récupérateur et portée de là dans le filtre de l'usine (voir les filtres à grenaille).

Pour les transmissions ordinaires d'usine et pour les boîtes de wagon, avec des huiles de bonne qualité, la quantité contenue dans les paliers ou les boîtes, ainsi purifiée automatiquement, est suffisante pour assurer le graissage des tourillons pendant plusieurs années sans qu'on ait à s'en préoccuper. La durée du service de l'huile est subordonnée d'ailleurs au plus ou moins de charge ou de vitesse des tourillons, au degré de pouvoir lubrifiant de l'huile employée, enfin à la quantité de poussière contenue dans l'air ambiant.

La durée du service de la grenaille est plus longue encore et presque indéfinie, on la change toutefois par précaution quand, la provision d'huile étant dénaturée, il y a lieu de la renouveler.

Cette grenaille a une valeur insignifiante de quelques

centimes seulement par palier ; on peut néanmoins la faire resservir indéfiniment en la faisant rougir au feu pour la purifier. Elle est elle-même lubrifiante et ne peut dans aucun cas endommager les arbres qu'elle atteindrait accidentellement.

**Préservation des surfaces frottantes de tout contact des poussières extérieures.** — La même disposition décrite ci-dessus qui sert à l'évacuation sert d'excellent obturateur contre les poussières. Ces poussières qui pénètrent, par les extrémités des coussinets, entre les surfaces frottantes, sont arrêtées par l'huile qui circule le long de l'anneau évacuateur ; elles suivent le même chemin que cette huile avec laquelle elles sont entraînées et évacuées sur le filtre intérieur du palier ou dans le godet récupérateur hors du palier.

Remarquons qu'il existe une liaison intime entre l'alimentation, l'évacuation et la purification qui constituent la circulation surabondante et la préservation des surfaces du contact des poussières extérieures ; elles concourent chacune pour leur part à cette préservation et ne pourraient pas les unes sans les autres la produire.

En effet, l'huile qui alimente surabondamment le tourillon, s'interpose et est dirigée, grâce aux rainures de circulation, jusqu'aux extrémités des coussinets ; cette circulation ne permet pas aux poussières de venir en contact avec les surfaces frottantes ; mais ces poussières de l'air ambiant n'en abondent pas moins à ces extrémités des coussinets, il faut qu'elles soient évacuées et c'est ce que fait l'évacuateur qui les entraîne en même temps que l'huile de circulation. A son tour

cette évacuation des poussières avec l'huile implique la purification de l'huile en circulation.

Pour les boîtes de wagon de chemins de fer, l'évacuation à anneaux est, comme pour le palier, le meilleur des obturateurs.

Pour les paliers marchant ensevelis sous les poussières, comme cela a lieu dans certaines industries, les tourillons sont complètement mis à l'abri des poussières en disposant deux évacuateurs au lieu d'un à côté l'un de l'autre, à chaque extrémité des coussinets.

Quel que soit l'organe de machine, palier, boîte de wagon, poulie folle, tête de bielle, etc., auquel cet évacuateur est appliqué, il procure le double avantage : 1° de protéger les surfaces du contact des poussières; 2° de retenir toute l'huile sans aucune perte hors des organes.

**Économie maximum de lubrifiant.** — Quand l'huile circule indéfiniment autour d'un tourillon sans purification, l'action dénaturante des impuretés de l'huile s'augmente suivant une progression géométrique, et il en résulte une consommation d'huile au moins quatre fois plus grande.

Au contraire, le maximum d'économie d'huile est obtenu par le graissage à « circulation surabondante d'huile toujours pure », parce que, par la circulation et la purification de cette huile au fur et à mesure de l'encrassement, c'est-à-dire en prévenant cet encrassement, la dénaturation suit la marche la plus lente possible. Cette économie est de 50 à 60 0/0 pour les machines industrielles graissées avec circulation indéfinie de la



même huile sans purification; elle atteint 80 o/o pour les fusées de wagons de chemins de fer.

**De la graisse consistante employée comme lubrifiant. —**

Dans le but d'obtenir par la viscosité des lubrifiants leur plus facile interposition entre les surfaces, on a essayé d'augmenter la viscosité naturelle des huiles, et on est même allé jusqu'à rendre consistants des lubrifiants, pensant que cette consistance favoriserait cette interposition par adhérence; mais en réalité elle le fait avec beaucoup moins de pouvoir que l'huile qui s'interpose à la fois par adhérence, grâce à son onctuosité, et par insinuation, grâce à sa fluidité.

D'ailleurs le défaut de renouvellement au fur et à mesure de leur usure, autrement dit le défaut de circulation, rend les lubrifiants consistants ou trop visqueux impropres à bien graisser les machines.

A une mise en marche de tourillon, quand il s'agit d'obtenir le plus promptement possible le degré de poli maximum des surfaces, employer temporairement la graisse consistante à ce rodage, comme on le fait par exemple pour le rodage des robinets, peut être avantageux; mais nous ne connaissons pas en dehors de cette application un autre cas où la graisse consistante puisse être employée de préférence à l'huile pour le graissage des machines, et cela quel que soit le point de vue auquel on envisage le graissage.

La circulation indéfinie sans purification, lorsqu'il s'agit du graissage à l'huile, est déjà très défectueuse, mais combien plus défectueux encore est l'emploi de la graisse qui ne peut être renouvelée à cause de sa consistance.

Faute de renouvellement le graissage à la graisse est le graissage au cambouis par excellence, cambouis qui renferme du bronze et du fer en abondance quand on le soumet à l'analyse. Ce cambouis n'est éliminé que par l'échauffement des tourillons, or c'est cet échauffement qu'il s'agit d'éviter avant tout; il témoigne un manque de graissage et a pour résultat le rodage incessant, l'usure, la dépréciation des machines et la perte de force motrice.

Que l'on compare, nous ne dirons pas au début, alors que l'action lente mais sûre de ce rodage ne peut encore s'apercevoir, mais après quelques mois et surtout après quelques années, les machines graissées à la graisse avec celles graissées à l'huile, et l'on sera fixé par la dépréciation subie par les premières, par le parfait état de conservation des secondes, sur la valeur comparative du graissage à l'huile et du graissage à la graisse consistante. Pour le graissage des paliers en particulier, le jeu au-dessus des tourillons, faible d'abord, s'augmentant de plus en plus, finit par laisser aux poussières de l'air un libre accès; alors l'usure des coussinets s'accroît dans une proportion extrêmement rapide, au point de mettre les machines en quelques années complètement hors de service.

La graisse consistante a été plusieurs fois déjà essayée et abandonnée par l'industrie, et cela on peut le remarquer chaque fois qu'un appareil nouveau a fait son apparition.

On ne s'est pas aperçu que ce n'est pas au vice des appareils mais au vice du principe même de la consistance du lubrifiant qu'il faut attribuer les mauvais résultats de ce graissage.

Il est de toute désavantageux, non seulement au point de vue de l'usure des machines et de la perte de force motrice, mais encore au point de vue de la maintenance et de la dépense de lubrifiant.

Enfin, main-d'œuvre, et enfin, les graisseurs à la main se maintiennent à la main : étant données la multiplicité des trous graisseurs et la nécessité de les munir tous de leur propre graisseur pour assurer le bon graissage et éviter l'introduction des poussières, l'économie de main-d'œuvre des graisseurs automatiques à l'huile se maintient à la main des graisseurs à la graisse est bien d'être une quantité négligeable.

Enfin la dépense de lubrifiant lui-même est moindre avec l'huile qu'avec la graisse. Citons cette preuve : soit un tourillon employant en vingt-quatre heures 1 gramme par exemple de graisse consistante de pouvoir lubrifiant égal à 100 pour marcher à la température ordinaire sans encombrement. Appliquant à ce tourillon un graisseur à huile réglable, on n'a qu'à lui faire couler dans le même temps 1 gramme d'huile de même pouvoir lubrifiant égal à 100, pour que dans les deux cas la dépense en poids soit la même ; et comme, à pouvoir lubrifiant égal, les huiles naturelles sont beaucoup mieux marchées que les graisses fabriquées, l'avantage est déjà du côté de l'huile naturelle, mais cet avantage est bien plus important encore.

En effet, on reconnaît à l'essai dynamométrique des lubrifiants que 1 gramme de graisse ne peut graisser à beaucoup près pendant le même temps, faute de renouvellement, que 1 gramme d'huile de même pouvoir lubrifiant, débitée peu à peu par un graisseur.

Il faudrait, pour que le résultat fût le même, non

seulement que la graisse fût évacuée comme l'huile, au fur et à mesure de son usure, mais encore qu'elle fût alimentée de même ; il faudrait que la circulation fût, pour la graisse comme pour l'huile, *surabondante et sa qualité toujours pure autour des tourillons*. En résumé, le graissage à la graisse a été abandonné par toutes les compagnies de chemins de fer, et, sauf pour quelques mouvements spéciaux, les industries qui l'avaient adopté reviennent au graissage à l'huile, parce qu'avec la graisse, dès que le plus petit jeu existe autour des tourillons, il n'y a plus de graissage, parce qu'on ne peut éviter dans la pratique une grande perte de force motrice due au défaut de renouvellement du lubrifiant entre les surfaces frottantes, enfin parce que le graissage à l'huile, effectué avec de bons appareils, est plus économique.

---

## VALEUR COMMERCIALE ET POUVOIR LUBRIFIANT DES DIVERSES HUILES

MÉTHODE DYNAMOMÉTRIQUE ET NOUVEAUX APPAREILS D'ESSAI  
DES LUBRIFIANTS ET DES DIVERSES MÉTHODES DE GRAISSAGE

**Raisons qui doivent présider au choix du lubrifiant.** — Parmi la diversité des huiles de graissage, végétales, minérales ou animales, et la variété extrême que présente chacune de ces trois catégories, on ne saurait spécifier qu'elle est l'huile la plus avantageuse pour le graissage des machines.

Pour chaque cas particulier, il faut rechercher quelles qualités doit avoir l'huile eu égard aux conditions dans lesquelles doit se faire le graissage.

Chaque variété d'huile en effet a ses propriétés distinctes. En principe, ce sont ces propriétés qui seules peuvent, suivant l'usage auquel on les destine, guider dans le choix des lubrifiants.

Pour machines à vapeur par exemple, il faut des huiles indécomposables aux températures de 100 à 180 degrés, et conservant à ces températures leur pouvoir lubrifiant ; il faut encore que ces huiles parfaitement désacidifiées ne puissent pas attaquer les cylindres et tiroirs ni former de dépôt solidifiable.

Pour machines industrielles et pour transmissions, certaines huiles sont plus ou moins acidifiables au contact de l'air ; d'autres s'évaporent, d'autres se résinifient et deviennent plus rapidement siccatives. Les huiles complètement neutres sont avantageuses puisque les organes des machines ne sont pas attaqués et que les huiles encrassées, une fois récupérées, n'étant pas décomposées, oxydées, sont facilement régénérées par simple filtration.

Les huiles incongelables sont naturellement à adopter pour les machines exposées au froid en hiver.

Mais, quelles que soient les propriétés particulières à chaque huile, on peut cependant pour le choix des lubrifiants poser quelques règles d'une grande importance dans la pratique de la mécanique industrielle.

1° Eu égard au degré de pouvoir lubrifiant, l'huile doit avoir un pouvoir lubrifiant d'autant plus grand que les organes qu'il s'agit de graisser subissent un plus grand effort ou sont animés d'une plus grande vitesse, car la quantité de circulation et d'interposition, quelque parfaits que soient les appareils, pourrait ne pas être assez grande pour compenser le manque de qualité du lubrifiant;

2° Eu égard à l'économie du lubrifiant, lorsque les appareils récupèrent toute l'huile et que le principe de la circulation surabondante d'huile toujours pure est appliqué, il y a grand avantage à employer les meilleures qualités d'huiles.

Au contraire, pour les machines où la récupération ne peut être appliquée, il y a avantage, puisque toute l'huile qu'on fait circuler autour des organes est perdue, à se servir d'huile bon marché, d'un degré lubrifiant

seulement suffisant pour ne pas compromettre la sécurité du graissage ;

3° Eu égard à la fluidité, les huiles les plus fluides, à pouvoir lubrifiant égal, sont les plus avantageuses.

Enfin, à tous les points de vue et dans toutes sortes de cas, quand on achète une huile de graissage, quelle que soit la variété d'huile dont il s'agisse, il est indispensable de pouvoir se rendre compte exactement de son pouvoir lubrifiant. Or, encore aujourd'hui, l'acheteur et le vendeur lui-même achètent et vendent l'huile de graissage sans avoir aucunement établi leur pouvoir lubrifiant et sans avoir contrôlé leur valeur.

Même en admettant qu'ils soumettent l'huile à des essais, ces essais, tels qu'on a coutume de les faire, ne permettent pas d'établir le vrai pouvoir lubrifiant des huiles.

**Moyens actuels d'essayer les huiles.** — Comme méthode et comme appareils, voici comment s'essaye actuellement les huiles de graissage.

Un arbre A (fig. 5) portant un tambour B est animé d'une vitesse facultative qu'un compteur enregistre sur une feuille à diagramme mise en mouvement par un appareil *ad hoc*.

Sur le tambour B, à l'aide d'un levier E, un coussinet exerce une pression qu'on règle à volonté en déplaçant le contrepoids placé sur ce levier. Le coussinet porte un thermomètre qui donne la température des surfaces frottantes.

Interposant entre le tambour et le coussinet une goutte de poids donné de l'huile à essayer, on met en marche l'appareil, en chargeant les surfaces frottantes

de la quantité voulue, jusqu'à ce que, l'huile se dénaturant de plus en plus, la température du coussinet soit élevée progressivement jusqu'à 80 degrés. On arrête

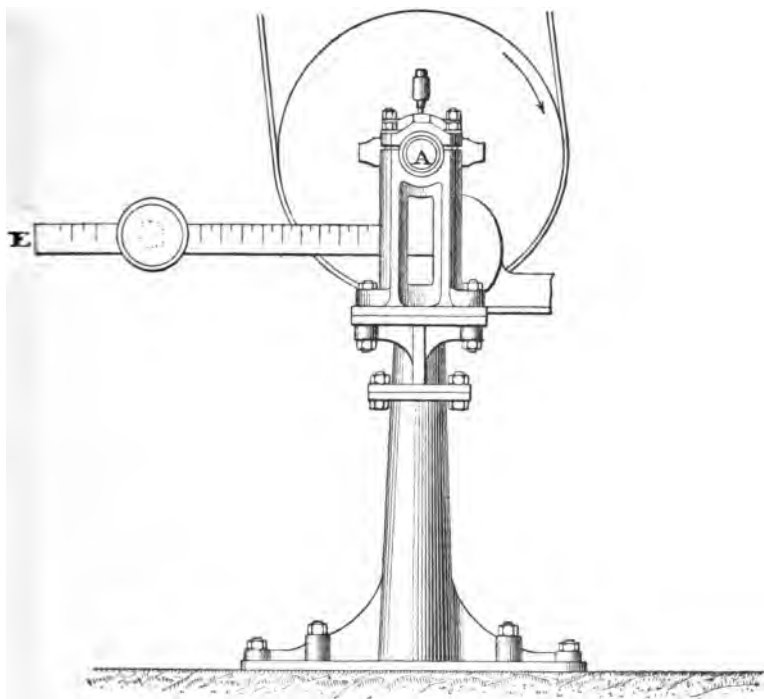


FIG. 5

alors l'opération pour éviter le grippage des surfaces.

L'expérience a fourni, grâce à l'appareil enregistrant le nombre de tours, une courbe tracée par l'expérimentateur en relevant, à l'aide de points marqués à chaque



cent ou mille tours, les températures successivement accusées par le coussinet.

Le diagramme donne le nombre de tours correspondant aux diverses élévations de température jusqu'à 80 degrés et la marche suivie par cette élévation de température pour chaque qualité d'huile.

L'échelle comparative donnée par ces essais est l'échelle des pouvoirs lubrifiants cherchés.

Or il est aisé de démontrer le peu de valeur de ces indications.

En effet, qu'est-ce que le pouvoir lubrifiant des huiles qu'il s'agit de déterminer ? Il se compose de deux facteurs :

1° Le coefficient d'onctuosité, qui est la diminution de résistance que produit, au degré qui est propre à chaque lubrifiant, l'interposition de ce lubrifiant entre deux surfaces frottantes ;

2° La capacité onctueuse qui est, indépendamment du coefficient de frottement, c'est-à-dire de la résistance de frottement propre à chaque lubrifiant, la quantité ou durée de service que chaque lubrifiant fournit avant qu'il y ait élévation de température des surfaces qu'il lubrifie.

La capacité onctueuse n'est pas, comme on pourrait le croire, proportionnelle au coefficient d'onctuosité ; elle en est parfaitement indépendante, et deux huiles ayant le même coefficient d'onctuosité accusent ordinairement, quand on les met dans les mêmes conditions de pression et de vitesse sur la machine à essayer les huiles par la méthode dynamométrique, une capacité onctueuse bien différente.

Le produit du coefficient d'onctuosité par sa capacité

onctueuse constitue le *pouvoir lubrifiant cherché*, la vraie valeur commerciale des huiles de graissage.

Avec les moyens actuels d'essayer les huiles on ne détermine ni l'un ni l'autre de ces deux facteurs, parce que seuls des essais dynamométriques peuvent donner l'échelle des résistances ou coefficients de frottement pour chaque lubrifiant ; or les essais d'huile actuels que nous avons décrits ne sont pas dynamométriques.

Quant à la capacité onctueuse, elle n'est obtenue que d'une manière très inexacte, puisque le point de départ pour toute expérience comparative ne doit varier en rien, qu'on doit toujours pouvoir le contrôler et le rétablir avec précision ; or le point de départ est encore pour la capacité onctueuse des huiles un point initial de résistance qu'on ne peut que dynamométriquement déterminer.

Les diagrammes relevés par les essais d'huile actuels donnent, avons-nous dit, le nombre de tours correspondant à l'échauffement progressif des surfaces jusqu'à 80 degrés pour chaque sorte d'huile ; la marche suivie par cette élévation de température peut être intéressante comme expérience de laboratoire, mais elle n'offre aucune utilité dans la pratique où les échauffements par manque d'huile sont tout à fait accidentels.

Ces essais d'élévation de température par manque d'huile donnent-ils du moins le pouvoir lubrifiant des huiles à ces températures plus élevées, et peuvent-ils guider dans le choix des huiles destinées au graissage des machines à vapeur ? Nullement, puisque le graissage des machines à vapeur consiste à fournir de l'huile d'excellente qualité à des organes chauffés de 100 à 180 degrés, et non pas à donner de l'huile ayant perdu à peu près

tout son pouvoir lubrifiant à des surfaces sur le point de gripper.

Pour déterminer le pouvoir lubrifiant des huiles destinées aux machines à vapeur, il faut les essayer dans les conditions mêmes où elles sont appliquées à ces machines ; il faut pour cela élever la température des surfaces en friction de la machine d'essai au moyen d'une source de chaleur quelconque, mais ne résultant pas du manque d'huile de ces surfaces ; la température est ainsi portée au degré voulu ; il faut, ensuite, comme pour l'essai des huiles des machines ordinaires à l'air libre, déterminer dynamométriquement le coefficient d'onctuosité et la capacité onctueuse des huiles à essayer.

Il est indispensable de pouvoir essayer les huiles aux diverses températures, car les pouvoirs lubrifiants varient avec les diverses températures et pour chaque qualité d'huile en particulier, sans que leur pouvoir lubrifiant à la température ordinaire puisse le moins du monde faire augurer de la température plus ou moins élevée où ce pouvoir diminue ou disparaît complètement.

**Méthode dynamométrique et nouveaux appareils à essayer et à titrer les huiles de graissage.** — Par la méthode dynamométrique et grâce aux appareils que nous allons décrire, on titre au degré le pouvoir lubrifiant réel des huiles et, par conséquent, leur vraie valeur commerciale, comme on titre, par exemple, au degré la valeur des alcools.

Comme appareils, on se sert de la machine ordinaire à essayer les huiles, décrite précédemment, en se

contentant tout simplement de la faire actionner par un dynamomètre de rotation enregistrant la résistance.

#### DYNAMOMÈTRE DE ROTATION DE M. LENEVEU

Pour ces essais, on a adopté le dynamomètre de rotation de M. Leneveu, capitaine d'artillerie, directeur des machines aux ateliers de Puteaux.

La simplicité et la sensibilité de ce dynamomètre le rendent supérieur à tous ceux qui ont été construits jusqu'à ce jour.

Seul, il a pu satisfaire pleinement aux conditions requises pour les divers essais. Nous le décrirons en détail.

MM. Chateau père et fils à Paris (ancienne maison Colin Wagner), dont les travaux ont une si grande réputation, en sont les constructeurs.

**A. Ses applications générales.** — Les applications générales de ce dynamomètre sont les suivantes. Il sert à déterminer la force motrice absorbée par une machine quelconque, une transmission, une usine ou partie d'usine.

Il enregistre non seulement la force d'une machine marchant à blanc ou en travail normal, mais encore les variations de force, les chocs, les résistances brusques, les irrégularités de marche, etc.

S'il s'agit d'un outil, il permet d'évaluer la puissance courante de résistance qu'il peut supporter, le degré maximum de résistance qu'on ne pourra dépasser.

Il sert à déterminer l'adhérence des courroies, le point où elles commencent à glisser, la largeur qu'elles doivent avoir pour un travail donné.

Il sert, soit à la livraison des machines-outils, pour le constructeur, soit à leur réception, pour l'acheteur, à contrôler la perfection et le fini de leur construction, l'absence de points morts ou de chocs, enfin la force absorbée par ces machines.

Il permet de vérifier le bon montage d'une transmission, d'une machine, par la force absorbée en pure perte quand le montage est défectueux.

**3. Description du dynamomètre.** — L'appareil comprend fig. 7 à 12 :

Deux plateaux circulaires A et C calés sur deux arbres B et D, indépendants l'un de l'autre, mais ayant tout deux le même axe de rotation et tournant chacun dans deux paliers a, b, c, d, qui font corps avec les deux poutres E fixées sur le bâtis G.

L'arbre D porte deux poulies dont l'une fixe *e'* et l'autre folle *f*.

L'arbre B porte une seule poulie *g* fixe, de même diamètre que les poulies de l'arbre D.

La poulie *e* reçoit la courroie de commande de la transmission.

La poulie *g* reçoit la courroie qui commande la machine ou l'appareil à essayer.

Les deux plateaux indépendants l'un de l'autre par construction, comme les arbres sur lesquels ils sont calés, sont rendus solidaires, dans un certain sens, au moyen d'un ressort à boudin H, fixé sur l'un des plateaux, et auquel l'autre plateau est attaché par deux lames d'acier très faibles ou par deux chainettes.

Il résulte de cette disposition que si l'on agit sur la poulie *e*, pour faire tourner l'arbre D et, par suite, le

plateau C, dans le sens convenable, le plateau A, son arbre B et sa poulie *g*, seront, ainsi que la machine commandée par cette dernière poulie, entraînés dans le mouvement.

Mais, en raison du mode d'attelage des deux parties de l'appareil, le plateau A ne sera mis en mouvement qu'au moment où la traction exercée par les chaînettes

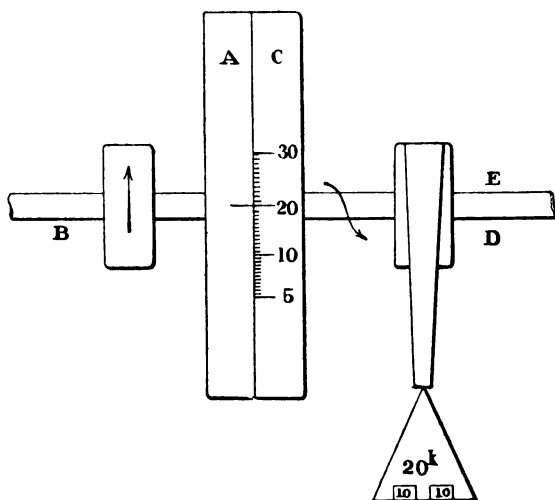


FIG. 6

du plateau C sur le ressort H sera suffisante pour vaincre la résistance qu'oppose au mouvement la machine commandée par la poulie *g*. Cette traction sur le ressort aura pour effet de le comprimer et, par suite, de le raccourcir, et finalement l'effort exercé sur la poulie *c* se traduira par un déplacement angulaire des deux plateaux, l'un par rapport à l'autre.

Si donc on connaît l'avance l'effort auquel correspond sur la poulie  $z$  un déplacement angulaire déterminé des deux plateaux, on pourra, par la connaissance de ce déplacement, déterminer la valeur de l'effort que l'on a dû exercer sur la poulie  $g$  pour le produire. Par suite, on connaîtra la résistance qu'oppose au mouvement la machine commandée par la poulie  $g$ , puisque cette résistance est précisément égale à l'effort exercé sur la poulie  $z$  par la machine dont on veut déterminer la résistance.

Supposons fig. 11 que sur l'un des plateaux A se trouve un repère et que sur le deuxième plateau C se trouve une graduation dont les divisions correspondent au déplacement angulaire que déterminent successivement des charges de 1. 2. 3. 4. 5. 10. 20. etc., kilogrammes sur la poulie C.

Si, après avoir immobilisé l'arbre B et par suite le plateau A, de manière à les empêcher de tourner, on exerce sur la poulie C un effort de 20 kilogrammes, le plateau C subira par rapport au plateau A le déplacement correspondant à cette charge, et la division 20 viendra se placer vis-à-vis du repère gravé sur le plateau A.

Il en sera naturellement de même pour toutes les charges que l'on fera supporter à la poulie C.

Si, au lieu d'immobiliser l'arbre B et le plateau A, on attelle sur la poulie  $g$  une machine qui oppose au mouvement de l'arbre B une résistance de 20 kilogrammes, le déplacement des deux plateaux sera exactement le même que ci-dessus et la division 20 du plateau C viendra encore se placer en face du repère porté sur la poulie A.

Il suffit de connaître la longueur du levier à l'extrémité duquel est appliquée, dans le dynamomètre, la résistance de 20 kilogrammes, et le chemin parcouru par l'extrémité du levier dans l'unité de temps, pour déterminer en kilomètres ou en chevaux-vapeur le travail de la machine.

Supposons que, dans le cas qui nous occupe, le bras de levier à l'extrémité duquel sont appliqués les 20 kilogrammes (P) et qui, dans l'espèce, est déterminé par le diamètre des poulies, ait une longueur 1 de 20 centimètres et que les plateaux tournent avec une vitesse moyenne de 400 tours par minute, T le travail en kilogrammètres sera représenté pour un tour par la formule  $T = P \cdot 2 \cdot \pi \cdot 1$ ; en remplaçant les lettres par leurs valeurs,  $T = 20 \times 2 \times 3,14 \times 0,20 = 25 \text{ kgm. } 13$ , et pour une seconde,  $T = \frac{25,13 \times 400}{60} = 167 \text{ kgm.}, 53$ .

La machine prendrait donc une force de  $\frac{167,53}{75} + 2,23$  chevaux-vapeur.

Par la description sommaire qui précède, on voit que le dynamomètre système Leneveu est, comme celui du général Morin et comme celui de M. Farcot, basé sur la mesure de la déformation d'un ressort par lequel doit passer l'effort produit pour actionner la machine à essayer. Toutefois, au lieu d'employer un ressort plat se déformant par flexion comme celui de l'appareil Morin, dont la flexion n'est pas proportionnelle aux résistances à vaincre ou, comme le fait M. Farcot, un ressort se déformant par torsion de quantités proportionnelles aux efforts qu'il transmet, M. Leneveu emploie un ressort à boudin du genre de ceux qui sont



en usage dans les indicateurs de l'Anglais, et il dispose de ressort de telle sorte qu'il se déforme par compression sous l'effet qu'il doit transmettre.

Ce qui sera que pour ces ressorts le raccourcissement ou la compression est parfaitement proportionnel aux forces qui le produisent.

Il en résulte que si les plateaux du dynamomètre sont reliés par le ressort de telle sorte que le bras du levier à l'extrémité duquel s'exerce la traction des chaînes soit de longueur invariable, le déplacement angulaire sur le limbe des plateaux sera lui-même proportionnel aux efforts exercés sur ce ressort.

Ce déplacement sera aussi, par rapport au raccourcissement du ressort, dans la proportion qui existe entre la longueur du rayon à l'extrémité duquel se trouve le point d'attache des chaînes et celle du rayon des limbes des plateaux.

Si par exemple le point d'attache est à 10 centimètres de l'axe des plateaux et que ces derniers organes aient un rayon double ou de 20 centimètres, à une flexion du ressort de 10 millimètres correspondra un déplacement angulaire des plateaux mesuré sur le limbe par une portion de circonférence de longueur double, c'est-à-dire de 20 millimètres.

On verra plus loin l'organisation de l'attelage des plateaux, quelles dispositions ont été prises pour assurer la proportionnalité des déplacements angulaires des plateaux.

En résumé, le dynamomètre système Leneveu se compose essentiellement :

1° De deux arbres indépendants munis chacun d'une poulie de commande et d'un plateau circulaire ;

2° D'un ressort à boudin servant d'intermédiaire pour transmettre à l'un des arbres la force nécessaire à la mise en mouvement du deuxième.

La valeur du travail mécanique fourni à ce deuxième est mesurée par le déplacement angulaire des deux plateaux.

Les déplacements angulaires des plateaux sont proportionnels aux efforts à transmettre.

Réduit à cette simple organisation, le dynamomètre permettrait de mesurer la force maximum prise par une transmission, une machine, etc.

Il suffit, en effet, dans ce cas, de connaître le nombre des tours de la machine en essai et le plus grand déplacement angulaire des plateaux de l'appareil pendant l'expérience pour calculer le travail mécanique.

La valeur du déplacement angulaire des plateaux est obtenue au moyen d'un index déplacé sur le limbe de l'un deux par rapport à une touche fixée sur le limbe de l'autre.

Un dynamomètre de ce genre conviendrait par exemple très bien pour opérer la réception des machines-outils ou s'assurer qu'une transmission est convenablement montée.

Mais, pour essayer les huiles et les appareils de graissage, il est nécessaire d'avoir des données plus précises.

Dans ce but le dynamomètre a été muni d'un appareil enregistreur inscrivant automatiquement :

1° Les flexions du ressort ou le déplacement angulaire des plateaux, c'est-à-dire les variations de résistance ;

2° Le nombre total des révolutions ;

3° La durée de l'expérience.

Décrivons les organes de l'appareil enregistreur.

**C. Indicateur des flexions du ressort.** — On a expliqué précédemment comment les efforts transmis par l'intermédiaire du dynamomètre sont mesurés par la flexion du ressort qui relie les deux plateaux et comment cette flexion se traduit par les déplacements angulaires de ces plateaux proportionnels aux efforts transmis. Si donc on parvient, malgré la rotation plus ou moins rapide des plateaux, à rendre leur déplacement relatif constamment bien visible, ou si, mieux encore, on parvient à l'enregistrer, on pourra pendant toute la durée de l'expérience se rendre compte à tout instant de la valeur de l'effort transmis par le dynamomètre.

Ce résultat est obtenu de la manière suivante.

Le plateau C porte un arc denté I qui engrène avec un pignon conique J monté sur un arbre K.

L'arbre K, qui est fixé sur le plateau A par ses coussinets *i* et *j*, dans lesquels il ne peut que tourner sur place sans se déplacer longitudinalement, porte à l'extrémité opposée à celle qui reçoit le pignon d'angle J une roue droite dentée L qui engrène avec une crémaillère taillée à l'une des extrémités de la tige O.

La tige O s'engage par l'une de ses extrémités dans un logement pratiqué dans l'arbre B, traverse de part en part l'arbre D, à l'extrémité duquel elle fait saillie sur une assez grande longueur, et s'engage par son autre extrémité dans un support K.

La partie de la tige O qui fait saillie au dehors de l'arbre D porte elle-même une crémaillère N qui engrène avec un pignon denté P.

Le pignon P calé sur l'arbre Q qu'il commande commande aussi la roue R, calée sur l'autre extrémité de l'arbre Q.

La roue dentée L commande à son tour la crémaillère S.

La crémaillère S porte le crayon T destiné à tracer le diagramme sur le papier enroulé autour du cylindre U, dans l'intérieur duquel se trouve un mouvement d'horlogerie, qui lui donne un mouvement de rotation continu.

En résumé, quand les plateaux du dynamomètre se déplacent l'un par rapport à l'autre, ce déplacement détermine la rotation de l'arbre K et par suite de la roue L.

La rotation de la roue L produit un déplacement longitudinal de la tige O et par suite de la crémaillère N.

Le déplacement longitudinal de la crémaillère N amène la rotation du pignon P de l'arbre Q et de la roue R.

Enfin la rotation de la roue R fait monter ou descendre la crémaillère S et par suite le crayon T.

Si bien qu'en définitive les déplacements angulaires des plateaux du dynamomètre se traduisent par des mouvements rectilignes ascendants ou descendants du crayon qui doit les enregistrer.

Il est à peine besoin de dire que les organes destinés à produire ce résultat sont construits de telle sorte que le plus petit mouvement relatif des deux plateaux du dynamomètre détermine immédiatement un déplacement correspondant du crayon.

Le rapport entre l'amplitude des mouvements du crayon et celle des mouvements relatifs des plateaux du dynamomètre peut varier suivant le degré de précision que l'on veut obtenir en modifiant les rapports des roues et des pignons qui servent à faire mouvoir le crayon.

Dans le dynamomètre dont le dessin est représenté ci-joint, le ressort est calculé pour fléchir de 1 millimètre par kilogramme de compression.

La longueur du bras de levier à l'extrémité duquel s'exerce la traction sur le ressort est de 100 millimètres.

La longueur du bras de levier sur lequel s'exerce la traction de la courroie est de 100 millimètres (rayon des poulies *c* et *g*).

Le rayon du cercle moyen de l'arc denté est de 148 millimètres.

Il en résulte qu'à une flexion du ressort de 1 millimètre correspond un déplacement angulaire des plateaux mesuré sur le cercle, au moyen du secteur denté, par un arc ayant une longueur de 1 millimètre 48.

C'est également à la même longueur d'arc de cercle que correspond la rotation de l'arbre K déterminé par la flexion de 1 millimètre du ressort.

Le rapport entre les rayons primitifs du pignon conique J et la roue dentée K est de 12,22.

La flexion 1 millimètre du ressort correspond par conséquent à un déplacement des crémaillères M et N de 3 millimètres 33.

Le rapport entre les pignons primitifs du pignon P et de la roue R est de 2.

A un déplacement longitudinal de la crémaillère correspond donc un déplacement de 6 millimètres 66 sur le cercle primitif de la roue R et, par suite, sur le crayon T. Et, en définitive, à un effort de 1 kilogramme sur le ressort du dynamomètre correspond une course du crayon de 6 millimètres 66.

Mais, comme le rapport du rayon d'enroulement des

chainettes et des rayons des poulies est de 0,75, à un effort de 1 kilogramme sur les poulies correspond un déplacement de  $6,66 \times 0,75 = 5$  millimètres.

La denture des roues L et P peut être, à volonté, droite ou hélicoïdale, les crémaillères M et N sont taillées à la demande.

La tige O doit participer au mouvement de rotation de l'arbre D, et sa crémaillère M doit conserver, par rapport à la roue dentée L, la position voulue pour que l'engrènement se fasse toujours dans de bonnes conditions.

A cet effet, la crémaillère glisse entre trois petits galets I, qui assurent sa position et lui servent de guides.

Dans le but de lui donner la plus grande légèreté possible et, par conséquent, de diminuer, autant que faire se peut, son inertie, la tige O peut être constituée par un tube très léger, sur lequel sont ajustées les crémaillères M et N.

Indépendamment des trois galets qui guident et supportent la crémaillère M, la tige O est supportée, en outre, par l'évidement de l'arbre B et par le support K; elle porte aussi un renflement M dont le diamètre est légèrement plus petit que celui de la partie de l'évidement de l'arbre D, dans lequel elle est engagée. Cette disposition a pour but de supporter la tige O en cas de flexion.

Dans le cas où la crémaillère circulaire N est remplacée par une crémaillère plate, on dispose un second support à l'extrémité de l'arbre D, la crémaillère porte alors une tige autour de laquelle tourne la tige O, qui lui sert de support d'une part, et elle est soutenue d'autre part par le support K, dans lequel elle s'engage, comme la tige O, d'une seule pièce.

Pour éviter les retards qu'occasionnerait dans le mouvement du crayon le jeu existant toujours entre des parties qui engrènent, quelles que soient les précautions prises pour les construire, le poids du porte-crayon est calculé de manière à faire opérer, toujours du même côté, le contact des dents d'engrenage.

Pour éviter qu'aucun mouvement longitudinal des deux arbres B et D ne vienne fausser les indications de l'appareil, ces deux arbres sont maintenus chacun dans un palier par une clef conique *n*, qui, en assurant absolument leur fixité par rapport au palier dans lequel se trouve la clef, les garantit contre tout mouvement longitudinal.

Pour faciliter le montage et la visite des organes contenus entre les deux plateaux, ces derniers portent des évidements suffisants, recouverts de plaques en laiton, qui empêchent la poussière de pénétrer dans l'intérieur de l'appareil.

**D. Organisation de l'attelage des plateaux.** — On a vu que les deux plateaux, indépendants l'un de l'autre par construction, sont rendus solidaires, dans un certain sens, au moyen d'un ressort à boudin porté par l'un des plateaux et d'un système d'attache reliant ce ressort à l'autre plateau; le mécanisme de cette organisation est le suivant.

Le ressort à boudin H, du type des ressorts employés dans les indicateurs de diagrammes pour moteurs, est fixé au plateau C, au moyen de deux supports OO', entre lesquels il est placé, sans aucune compression initiale. Le support O, sur lequel est fixé le ressort, porte une tige cylindrique P, *p*, qui pénètre dans l'intérieur du

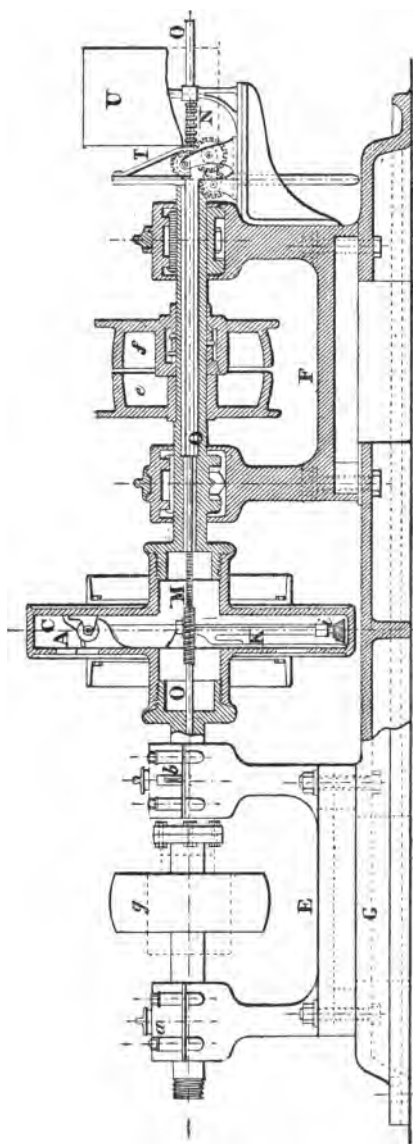


FIG. 7. — Coupe longitudinale.



ressort et a pour but de l'empêcher de se déformer, tant pendant les transports, par suite de secousses accidentelles, que pendant la marche de l'appareil par l'effet de la force centrifuge.

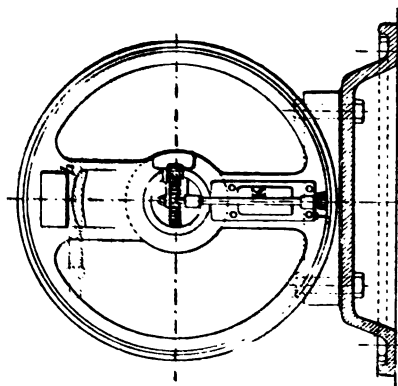


Fig. 9. — Coupe transversale par l'autre plateau.

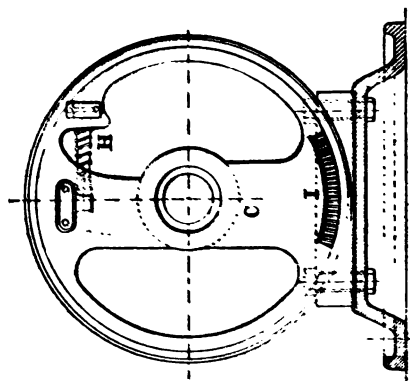


Fig. 8. — Coupe transversale par l'un des plateaux.

Le ressort porte, à son extrémité libre, une pièce cylindrique munie de deux appendices auxquels sont fixées les chainettes d'attelage.

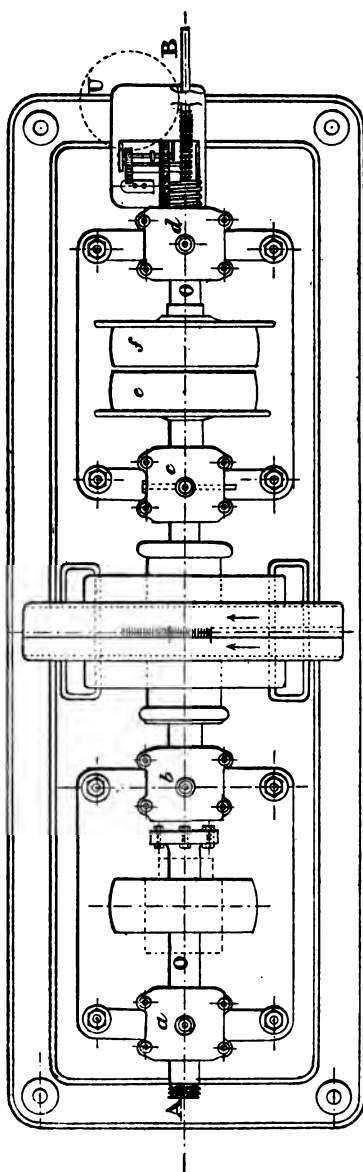
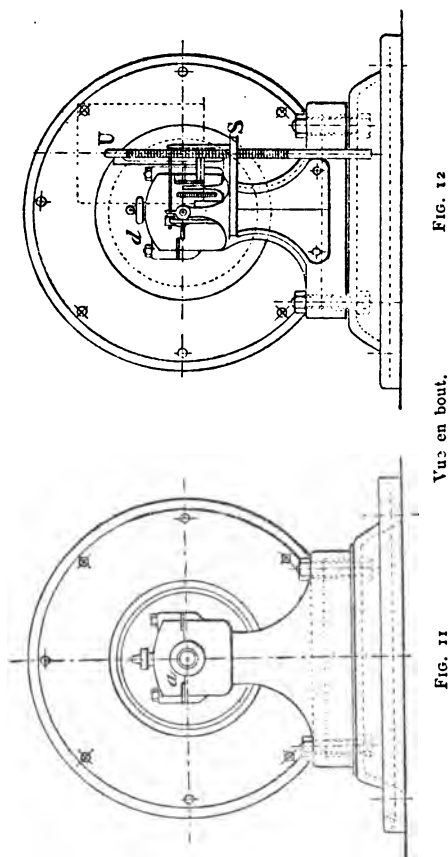


FIG. 10. — Plan.

Les chaînettes d'attelage, construites comme les anciennes chaînes de fusée des mouvements de montre,



sont fixées, d'autre part, sur deux arcs de cercle ayant leur centre sur l'axe des plateaux et sur lesquels elles s'enroulent. Les arcs de cercle font partie d'une pièce *q*,

fixée sur le plateau A, et leur rayon est calculé de telle sorte que les chaînettes, en s'enroulant, exercent constamment leur traction suivant une direction parallèle à l'axe du ressort.

La pièce  $q$  est évidée de manière à livrer librement passage au ressort à boudin.

Il résulte du dispositif ci-dessus décrit que les déplacements angulaires des plateaux restent proportionnels aux charges imposées au ressort et, par suite, au travail transmis au moyen du dynamomètre.

Il en résulte aussi, par conséquent, que les déplacements du crayon sont aussi proportionnels aux forces transmises.

Par suite, le diagramme tracé par le crayon pendant la marche de l'appareil donne un tracé exact de la résistance pendant toute la durée de l'essai.

**E. Compteurs de tours.** — Le dynamomètre est muni de deux compteurs de tours, l'un, d'un système quelconque, de ceux généralement employés, indiquant par différence, au moyen de cadrans et d'aiguilles, le nombre de tours fait par l'arbre du dynamomètre pendant l'expérience, l'autre inscrivant sur le diagramme même le nombre de tours faits.

Le premier, qui n'a pas besoin d'une description particulière, est disposé de façon à pouvoir être commandé par la vis sans fin qui se trouve à l'extrémité de l'arbre B.

Le deuxième, spécial au dynamomètre système Leneveu, est constitué de la manière suivante.

L'extrémité de l'arbre D, du côté de l'enregistreur, porte une vis sans fin  $r$ , qui commande la roue  $s$ , calée sur l'arbre  $t$  et, par suite, la roue  $u$ , calée sur le même arbre,

La roue *u*, en commandant la roue *v*, fait tourner l'arbre *x*, et, par suite, la roue *y* et la molette *z*.

La roue *y* donne enfin le mouvement à l'arbre *2* et à la molette *3*, par l'intermédiaire de la roue *1*.

Les molettes *z* et *3* ont pour mission de tracer à chacun de leurs tours un petit trait sur le papier du diagramme.

Elles sont constituées simplement par deux petits traceurs à ressort qui, à chaque tour de l'arbre qui les porte, viennent rencontrer le papier du diagramme.

Comme on le voit sur le dessin, les traits ainsi tracés sont situés à des hauteurs différentes pour chacune des molettes.

Les engrenages sont combinés de telle façon que la molette *z* trace un trait par 10 tours du dynamomètre, et que la molette *3* trace un trait chaque fois que le dynamomètre a fait 100 tours.

On obtient aussi au bas des diagrammes deux lignes pointillées qui font connaître le nombre de tours faits par le dynamomètre, non seulement pendant toute la durée de l'expérience, mais encore pendant le temps qui a été employé à tracer une portion quelconque du diagramme.

Comme, d'autre part, la durée du temps considéré est indiquée par les ordonnées imprimées sur le papier, on se trouve en possession de tous les éléments nécessaires pour se rendre un compte bien exact de la manière dont s'est opéré le travail, et particulièrement du glissement des courroies que l'on peut facilement évaluer, en fonction du travail exécuté.

**F. Cylindre enregistreur.** — Cet organe n'offre rien

de bien particulier ; il est du même genre que les appareils similaires fréquemment employés à cet usage.

Nous signalerons seulement ce fait qu'il est embrayé, avec son mouvement d'horlogerie, de façon à pouvoir en être rendu très facilement indépendant pour permettre de tracer directement avec le crayon du dynamomètre les abscisses correspondant à diverses charges déterminées, et aussi de disposer l'origine du diagramme au point qui convient le mieux pour l'expérience à faire.

Le cylindre renferme un mouvement d'horlogerie qui lui communique un mouvement de rotation d'une vitesse déterminée.

La vitesse de rotation peut varier à volonté, selon la nature des expériences à faire, de façon que le cylindre accomplisse une révolution en quelques minutes ou en plusieurs heures.

#### **G. Tableau donnant sans calcul le travail en chevaux.**

— Le dynamomètre de rotation enregistreur, tel que nous venons de le décrire, est tout disposé pour recevoir les feuilles à diagramme servant à nos divers essais, mais l'appareil enregistreur est en outre établi en vue de fournir la résistance en chevaux de toute machine, quand on désire l'évaluer.

A cet effet, le papier du diagramme est divisé à l'avance en heures, minutes et fractions de minutes, en raison de la vitesse de rotation du tambour sur lequel il doit être placé, et l'appareil enregistreur inscrit automatiquement sur un papier *ad hoc* :

1° La courbe continue des pressions exercées sur le ressort pendant la durée d'une expérience ;



Tableau indiquant en chevaux-vapeur la force trans-

$$\text{Le travail en chevaux } T_1 = \frac{P_2 \pi l n}{60 \times 75}$$

Tours par minute <i>n</i>	PRESSIONS INDIQUÉES PAR				
	o k. 01	o k. 025	o k. 050	o k. 075	o k. 100
(1) Travail en chevaux-vapeur					
1	0.000001396	0.000003490	0.00000698	0.000010470	0.00001396
2	0.000002790	0.000006980	0.00001396	0.000020940	0.00002792
3	0.000004190	0.000010470	0.00002094	0.000031410	0.00004189
4	0.000005580	0.000013960	0.00002792	0.000041880	0.00005585
5	0.000006980	0.000017450	0.00003491	0.000052350	0.00006981
6	0.000008370	0.000020940	0.00004189	0.000062830	0.00008377
7	0.000009770	0.000024430	0.00004887	0.000073300	0.00009773
8	0.000011170	0.000027920	0.00005585	0.000083770	0.00011169
9	0.000012560	0.000031410	0.00006283	0.000094240	0.00012565
10	0.000013960	0.000034907	0.00006981	0.000104720	0.00013961
100	0.000139630	0.000049070	0.000069813	0.0001047200	0.000139627
200	0.000279260	0.000098130	0.000139626	0.0002094390	0.000279233
400	0.000558820	0.000196260	0.000279253	0.0004188790	0.000558506
600	0.000837780	0.000294400	0.000418879	0.0006283190	0.000837760
800	0.001117040	0.000292530	0.000558506	0.0008377590	0.001117013
1000	0.001396270	0.0003490670	0.000698133	0.0010471995	0.001396267

(1) Déduit des indications du compteur de

(2) Lues sur le papier de l'enregistreur ou sur

M. J. O. U.

*mise par le dynamomètre* (ressort de 1 kil. par cent)

$$\frac{P n \times 2 \pi l}{60 \times 75} = P n \times 0.00013962666$$

L'ENREGISTREUR (2) (P)

1 k.	2 k.	3 k.	4 k.	5 k.
<i>de 75 kilogrammes</i>				
				(1)
0.00013963	0.00027925	0.00041888	0.00055851	0.00069813
0.00027925	0.00055851	0.00003776	0.00111701	0.00139627
0.00041887	0.00083776	0.00125664	0.00167552	0.00209440
0.00055851	0.00111701	0.00167552	0.00223402	0.00270253
0.00069813	0.00139626	0.00209440	0.00279253	0.00349066
0.0008376	0.00167551	0.00251328	0.00335104	0.00418880
0.00097738	0.00195477	0.00293216	0.00390955	0.00488693
0.00111701	0.00223402	0.00335104	0.00446805	0.00558507
0.00125653	0.00251327	0.00376992	0.00502655	0.00628320
0.00139627	0.00279253	0.00418880	0.00558507	0.00698133
0.01396267	0.02792533	0.04188800	0.05585067	0.06981333
0.02792533	0.05585069	0.08377600	0.11170133	0.15962667
0.05585069	0.11170133	0.16755200	0.23340266	0.27925333
0.08377600	0.16755199	0.25132800	0.33510400	0.41888000
0.11170133	0.22440266	0.35510400	0.44680532	0.55850666
0.13962667	0.27925333	0.41888000	0.55850666	0.69813333

tours ou de celles de l'indicateur de vitesse.  
la graduation placée sur les plateaux.

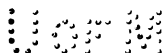




Tableau indiquant en chevaux-vapeur la force trans

$$\text{Le travail en chevaux } T_1 = \frac{P_2 \pi l n}{60 \times 75}$$

PRESSIONS INDIQUÉES PAR				
6 k.	7 k.	8 k.	9 k.	10 k.
(1)	Travail en chevaux-vapeur			
0.00083776	0.00097739	0.001117013	0.00125661	0.00139627
0.00167552	0.00195477	0.002234027	0.00251328	0.00279253
0.00251328	0.00293295	0.003351040	0.00376992	0.00418879
0.00335104	0.00390954	0.004468053	0.00502656	0.00558507
0.00418880	0.00488063	0.005585066	0.00628320	0.00698133
0.00502655	0.00586432	0.006702079	0.00753984	0.00837750
0.00586432	0.00684170	0.007819093	0.00879648	0.00977386
0.00670208	0.00781908	0.008936110	0.01005312	0.01117012
0.00753984	0.00879647	0.010053120	0.01130976	0.01256639
0.00837760	0.00977387	0.011170133	0.01256640	0.01396267
0.08377660	0.09773867	0.111761333	0.12566400	0.13962667
0.16755200	0.19547733	0.223402670	0.25132800	0.27925333
0.33310400	0.39095466	0.446805330	0.50265600	0.55850666
0.50265600	0.58643199	0.670207990	0.75368400	0.83775999
0.67020200	0.78190932	0.839610660	1.00531200	1.11701320
0.83776000	0.97738666	1.117013330	1.25664000	1.39626007

(1) Déduit des indications du compteur de

(2) Lues sur le papier de l'enregistreur ou sur



mise par le dynamomètre (ressort de 1 kil. par cent)

$$\frac{P n \times 2 \pi l}{60 \times 75} = P n \times 0.00013967666$$

L'ENREGISTREUR (2) (P)

11 k.	12 k.	13 k.	14 k.	15 k.	tours par minute n
de 75 kilogrammes					(1)
0.00153589	0.00167552	0.00181515	0.00195477	0.00209440	1
0.00307187	0.00335104	0.00363029	0.00390955	0.00418880	2
0.00461780	0.00502656	0.00544544	0.00586432	0.00628320	3
0.00604373	0.00660208	0.00726058	0.00781901	0.00837760	4
0.00776966	0.00837260	0.00907573	0.00977386	0.01047200	5
0.00921560	0.01005312	0.01089088	0.01172863	0.01256640	6
0.01075153	0.011772864	0.01270616	0.01368341	0.01466080	7
0.01228746	0.01340416	0.01452117	0.01563818	0.01675520	8
0.01382340	0.01507968	0.01633631	0.01759295	0.01884960	9
0.01535893	0.01675520	0.01815147	0.01954473	0.02094400	10
0.15358933	0.16755200	0.18151467	0.19747933	0.20944000	100
0.30717866	0.33510400	0.36302933	0.39095466	0.41888000	200
0.61435732	0.67020800	0.72605866	0.78160933	0.83776000	400
0.92153598	1.00531200	1.08908800	1.17286398	1.25664000	600
1.22871464	1.34041600	1.45211733	1.56381866	1.67552000	800
1.53589333	1.67552000	1.81614667	1.95477333	2.09440000	1000

tours ou de celles de l'indicateur de vitesse.  
la graduation placée sur les plateaux.

2° Le temps pendant lequel l'opération a été faite ;

3° Le nombre de tours effectifs faits par l'appareil pendant l'essai.

La connaissance de ces éléments, essentiellement variables, jointe à celle des constantes de l'appareil, permet de calculer très facilement le travail transmis par le dynamomètre.

Il est de plus à remarquer qu'à tout instant de la marche on peut, après s'être rendu compte de la vitesse de rotation de l'appareil en essai, évaluer, avec une approximation très suffisante, le travail actuel de la machine ou de l'appareil essayé.

Le tableau suivant permet de trouver sans calculs le travail en chevaux effectué à un moment donné.

Le diagramme représenté par la figure ci-jointe a été tiré systématiquement pour faire voir en une seule figure comment les indications du dynamomètre varient avec les conditions du travail. Il représente le travail d'une machine à fraiser tournant à vide ou fraisant une plaque d'acier doux de 14 millimètres par passes de diverses épaisseurs.

Les traits tracés au bas du diagramme sont ceux faits par les deux stylets du compteur des dizaines de tours et de celui des centaines de tours. On peut, à l'aide de ces deux indications, calculer exactement le nombre de tours faits par le dynamomètre pendant une période quelconque de l'expérience.

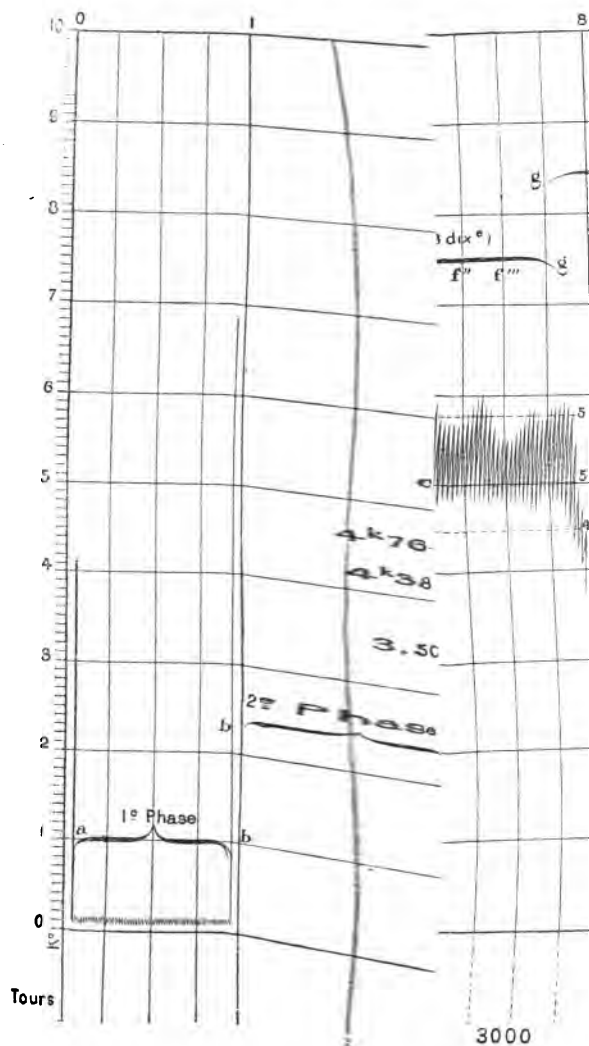
#### **Explication des diverses phases du diagramme.**

*Première phase de a à b, durée une minute, marche du dynamomètre à vide.*

Le dynamomètre, commandé par le renvoi de la

insérer pendant  
d'épaisseur  
4 et 10 dixièmes  
à travers 2

qui opère.  
τ minute.





ie,, est mis en marche à vide et à la vitesse de  
rs par minute.

ise en marche est opérée au moyen du débrayage  
re de la machine par le passage de la courroie  
poulie folle sur la poulie fixe.

— L'inertie de l'appareil mis brusquement en  
e, à la vitesse moyenne de 145 tours, produit un  
l qui s'élève jusqu'à la pression de 4 kil. 200.

— Le diagramme indique ensuite une pression  
ne de 200 grammes, traduite par un trait légère-  
ondulé.

adant l'exécution de cette partie du diagramme,  
marque de légères ondulations dues en partie aux  
ges sur les poulies de la transmission et du dyna-  
mètre des agrafes au moyen desquelles est opérée  
nction de la courroie de commande, en partie aux  
tions continuelles de vitesse que subit la trans-  
ion actionnant le dynamomètre, et que l'on sait  
r toujours lieu dans toutes les transmissions méca-  
es actionnant de nombreuses machines, à tout ins-  
embrayées ou déembrayées et dont, par consé-  
nt, le travail varie considérablement.

À la vitesse de 146 tours, la pression 200 grammes  
espond à 0,305 kilogrammètres, ou à 0,004077 che-  
ax, force prise par le dynamomètre marchant à vide.

*Deuxième phase de c à b, durée 1/2 minute, mise en  
ace de la machine, réglage des stylets compteurs.*

On arrête le dynamomètre et on place la courroie  
ai doit commander la machine ; le crayon de l'enre-  
streur marque une pression de 7 kilogrammes, due à

ce fait que l'on maintenait à la main la poulie du dynamomètre sur laquelle était la courroie de la transmission pendant que l'on plaçait la courroie de la machine sur l'autre poulie. Une fois la première poulie abandonnée, l'enregistreur revient à 0.

Le crayon de l'enregistreur est ensuite reculé et ne marque plus pendant 1/2 minute; on opère pendant ce temps le réglage des stylets compteurs de tours.

*Troisième phase de c à d, durée 45" environ, marche de la machine à vide.*

a. — On fait marcher la machine à vide.

L'inertie de la machine brusquement embrayée produit un trait qui s'élève jusqu'à la pression de 9 kil. 200.

b. — Le diagramme indique ensuite une pression variant entre 4 et 5 kilogrammes; les ondulations, beaucoup plus accentuées que celles obtenues avec le dynamomètre à vide, sont comme ces dernières dues au passage des coutures et des agrafes des diverses courroies et cordes de commande sur les poulies du dynamomètre et de la machine, aux légers faux ronds qui existent dans les organes mis en mouvement et qui ont pour effet de faire varier la tension des courroies et des cordes, aux variations incessantes de vitesse de la transmission, qui se produisent dans la machine en passant par le dynamomètre.

Ces diverses variations portant sur une charge beaucoup plus considérable que pendant la marche à vide du dynamomètre seul, dont l'inertie est très faible, sont naturellement beaucoup plus importantes et, par conséquent, beaucoup plus accentuées.

Dans les autres phases du diagramme, elles se reproduisent continuellement pour les mêmes causes, auxquelles viennent s'en ajouter diverses autres, dues aux conditions du travail, faux rond de la fraise, copeaux engagés sous l'outil, etc., etc.

### Travail absorbé par la machine à vide

Vitesse moyenne : 146 tours par minute.

Pression — 4<sup>k</sup>,380 corresp. à 6,7145<sup>kgm</sup> et à 0,089527 cheval.

— maximum : 4<sup>k</sup>,760 — 7,2970 — et à 0,077294 —

— minimum : 3<sup>k</sup>,500 — 5,3655 — et à 0,071540 —

*Quatrième phase de d à e, durée 1' 45" environ, passe de 0<sup>mm</sup>, 1.*

a. — Au point *d*, on arrête brusquement la machine et on la remet en marche aussitôt, ce qui occasionne la descente du rayon enregistreur à 0 kilogramme à peu près, et sa montée immédiate à 7 kil. 600; l'enregistreur revient ensuite à la pression qui existait avant ce mouvement. On règle la fraise de manière à lui faire exécuter une passe de 0 millimètre, mais elle ne commence à attaquer le métal qu'au point *d'*.

b. — Au point *d'* et jusqu'au point *e*, la fraise exécute une passe de 0<sup>mm</sup>, 1.

La pression augmente progressivement du point *d* au point *d'*, au fur et à mesure que la fraise entame le métal de 0 à 1 dixième. A partir de ce moment, la pression varie peu; les ondulations du diagramme sont dues aux diverses causes énoncées plus haut.



**Evaluation du travail absorbé par la machine  
pendant la passe de 1 dixième**

Vitesse moyenne : 140 tours par minute.

Pression — 4k,580 corresp. à 6,7191<sup>kg</sup>m et à 0,089588 cheval.

— maximum : 4k,190 — 7,6293 — et à 0,101724 —

— minimum : 4k, » — 5,900 — et à 0,0784 —

*Cinquième phase de e à f, durée 2' passe de 0<sup>mm</sup>,2.*

a. — Au point *c*, on recule très rapidement la fraise pour ramener le chariot de la fraiseuse au point de départ; on arrête en même temps la machine et on la remet en marche aussitôt très rapidement; le crayon de l'enregistreur indique que le démarrage s'est fait sous une pression supérieure à 10 kilogrammes; le démarrage opéré, la pression indiquée est celle exercée par la machine marchant à vide.

b. — Du point *e* au point *e'*, la fraise, réglée pour exécuter une passe de 2 dixièmes, attaque progressivement le métal.

c. — De *e'* à *e''*, la fraise exécute la passe de 2 dixièmes.

d. — Du point *e*, on recule la fraise sans arrêter la machine, et on la prépare pour une passe de 3 dixièmes.

De *e''* à *e'''*, la pression descend progressivement jusqu'à celle exercée par la machine à vide.

e. — Du point *e'''* au point *f*, on fait tourner à la main le tambour de l'indicateur pour attaquer la passe de 3 dixièmes, exactement à la sixième minute. Ce mouvement produit le trait horizontal que l'on remarque dans le diagramme; pendant ce temps, la machine est arrêtée.

**Evaluation du travail absorbé par la machine  
pendant la passe de 2 dixièmes**

Vitesse moyenne : 140 tours par minute.

Pression — 4k,700 corresp. à 6,909 kg<sup>m</sup> et à 0,09212 cheval.

— maximum : 5k,370 — 7,8339 — et à 0,105252 —

— minimum : 4k,180; — 6,14475 — et à 0,08198 —

*Sixième phase de f à g, durée 98" environ, passe de 0<sup>mm</sup>,3.*

a. — Au point *f*, on remet la machine en marche.

L'inertie occasionne une pression brusque traduite par le trait qui monte jusqu'à 8 kil. 100.

Une fois la machine en route, la pression indiquée est celle exercée par la machine marchant à vide, jusqu'à ce que la fraise attaque le métal; la pression monte alors progressivement jusqu'au point où la fraise commence à exécuter la passe de 3 dixièmes.

b. — Du point *f'* au point *f''*, la fraise exécute la passe de 3 dixièmes.

c. — Du point *f''* au point *f'''*, on recule la fraise, qui abandonne progressivement le métal; on arrête la machine.

e. — Du point *f'''* au point *g*, on fait tourner le tambour à la main pour remettre en marche à la huitième minute.

**Evaluation du travail absorbé par la machine  
pendant la passe de 3 dixièmes**

Vitesse moyenne : 148 tours par minute.

Pression — 5k,070 corresp. à 7,87875 kg<sup>m</sup> et à 0,10505 cheval.

— maximum : 5k,770 — 8,9550 — et à 0,119439 —

— minimum : 4k,570 — 7,1050 — et à 0,09459 —

*Septième phase de g à h, durée 97" environ, passe de 0<sup>mm</sup>,4.*

a. — Au point g, on remet la machine en marche.

L'inertie occasionne une pression brusque, traduite par le trait qui s'élève jusqu'à la pression de 8 kil. 300.

Une fois la machine en route, la pression indiquée est celle exercée par la machine marchant à vide jusqu'à ce que la fraise commence à exécuter la passe de 4 dixièmes.

b. — Du point g' au point h, la fraise exécute la passe de 4 dixièmes.

#### **Evaluation du travail absorbé par la machine pendant la passe de 4 dixièmes**

Vitesse moyenne : 148 tours par minute.

Pression — 5<sup>k</sup>,380 corresp. à 8,3475<sup>kgm</sup> et à 0,11136 cheval.

— maximum : 9<sup>k</sup>, » — 9,315 — et à 0,1252 —

— minimum : 4<sup>k</sup>,750 — 7,3725 — et à 0,0983 —

*Huitième phase de h à i, durée 95" environ, passe de 1 millimètre.*

a. — Sans arrêter la machine, et en continuant de faire avancer le chariot de la fraiseuse, on fait enlever à l'outil le ressaut de 6 dixièmes formé par les passes précédentes, ce qui constitue par conséquent une passe de 1 millimètre.

Au point où la fraiseuse commence à attaquer le ressaut de 0<sup>mm</sup>,6, la pression monte progressivement jusqu'au point h' où la fraise exécute complètement la passe de 1 millimètre.

*b.* — Du point *h'* au point *e*, la fraise exécute la passe de 10 dixièmes.

**Evaluation du travail absorbé par la machine  
pendant la passe de 10 dixièmes**

Vitesse moyenne : 140 tours par minute.

Pression	—	7 <sup>k</sup> ,480	corresp. à	10,995 <sup>kgm</sup>	et à	0,146608	cheval.
— maximum :		7 <sup>k</sup> ,920	—	11,64	—	et à	0,155232 —
— minimum :		7 <sup>k</sup> ,080	—	10,4025	—	et à	0,138768 —

*Neuvième phase de i à j, durée 45", la machine marche à vide.*

*a.* — Au point *i*, on dégage la fraise, la machine marche ensuite à vide jusqu'au point *j*.

**Evaluation du travail absorbé par la machine  
pendant la marche à vide**

Vitesse moyenne : 146 tours par minute.

Pression	—	4 <sup>k</sup> , »	corresp. à	6,12 <sup>kgm</sup>	et à	0,0816	cheval.
— maximum :		4 <sup>k</sup> ,500	—	6,885	—	et à	0,0918 —
— minimum :		3 <sup>k</sup> , »	—	4,50	—	et à	0,0612 —

Le travail exigé par la marche à vide de la machine pendant la neuvième phase, et qui est de 0,0816 cheval, diffère, comme on le voit, de celui indiqué pendant la marche à vide de la troisième phase, et qui est de 0,0895 cheval. On recherche la cause de cette différence et on constate que, par suite d'une légère irrégularité dans l'ajustage des chariots de la machine, conduits automatiquement par des cordes en boyau, le mouvement du chariot donnant le mouvement longitudinal est moins serré dans ses glissières et par suite moins dur qu'au point où l'on a commencé l'expérience.

**Essai des huiles.** — Le dynamomètre de M. Leneveu est employé pour ces essais, tel qu'il l'a construit et tel que nous venons de le décrire : il n'y a que les feuilles de diagrammes qui soient différentes.

Nous avons dit qu'on se contentait tout simplement de faire actionner la machine primitive d'essai déjà décrite par ce dynamomètre enregistrant la résistance.

Comme il porte en lui-même ses compteurs de tours, l'ancienne machine d'essai se trouve réduite à sa plus simple expression, c'est-à-dire à l'appareil à friction disposé de telle sorte que le coussinet puisse recevoir une température donnée au moyen d'un courant de vapeur en pression qu'on peut y faire circuler et de manière à ce que tous les genres d'alimentation et de circulation d'huile puissent être appliqués.

Soit M la transmission quelconque à laquelle le mouvement du dynamomètre est emprunté (fig. 13).

Le dynamomètre D, qui reçoit son mouvement de cette transmission, le transmet à la machine à essayer les huiles H, en enregistrant la force prise par la machine.

A chaque essai sont déterminés sur la feuille à diagramme :

- 1° La force absorbée par la machine d'essai H ;
- 2° Son nombre de tours ;
- 3° La température des surfaces en friction de la machine d'essai ;
- 4° La charge sur ces surfaces en friction.

Pour essayer les huiles, nous avons à déterminer soit le coefficient d'onctuosité, soit la capacité onctueuse, le produit de ces deux quantités étant le pouvoir lubrifiant cherché.

Il faut que ces deux quantités soient déterminées à telle ou telle température, telle ou telle charge des surfaces frottantes; et, en effet, une huile qui, à la tem-

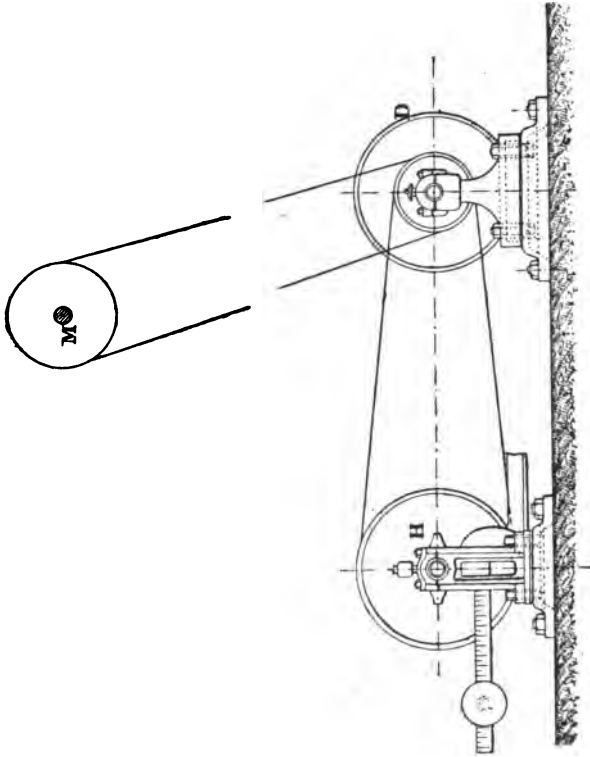


FIG. 31

pérature ordinaire ou à une faible charge, accuse un pouvoir lubrifiant considérable, n'offre plus, quand il s'agit du graissage dans la vapeur ou avec une lourde charge, qu'une valeur absolument nulle.

Reproduire sur la machine d'essai, soit la charge, soit la température des machines mêmes-qu'il s'agit de graisser, est donc une condition absolument nécessaire pour obtenir le pouvoir lubrifiant des huiles de graissage.

**Conduite des essais les plus usuels à 50 kilogrammes de charge par centimètre et à la température ordinaire.**  
— Occupons-nous du cas le plus simple et le plus usuel, celui qui se présente pour tout achat d'huile, en vue du graissage des machines.

Dans ce cas, plusieurs échantillons d'huile sont à essayer.

Nous déterminons le pouvoir lubrifiant de chacun d'eux à la température ordinaire et à la charge de 50 kilogrammes par centimètre carré, cette température étant celle la plus ordinaire de la marche des machines, cette charge de 50 kilogrammes étant plus que suffisante pour garantir à l'usage les huiles essayées.

On produit la charge de 50 kilogrammes sur la machine d'essai, en déplaçant le contrepoids sur le levier de l'appareil à friction jusqu'à la division marquée 50 kilogrammes sur ce levier. Quant à la température, elle est celle de l'air ambiant.

On fait l'essai en interposant, à l'aide d'un compte-gouttes en verre, 0 gr. 20 de l'échantillon entre le tambour et le coussinet de l'appareil à friction; nous expliquerons plus loin pourquoi nous avons adopté ce chiffre de 0 gr. 20 plutôt que toute autre quantité. Il faut soulever le coussinet et laisser tomber directement l'huile sur le tambour. Il est nécessaire de vérifier pour chaque essai le poids réglementaire de l'échan-

tillon à mettre en expérience en suspendant le compte-gouttes, avant et après l'expulsion de l'huile, à une balance de précision.

D'ailleurs chacun peut employer tel autre moyen qu'il lui plaira de mesurer la quantité de 0 gr. 20 de l'échantillon à mettre invariablement en expérience.

Avant de commencer l'essai, on enlève un instant le contrepoids de l'appareil à friction et, en faisant marcher à blanc, on contrôle la position du crayon de l'enregistreur; on dispose la feuille à diagramme de manière à ce que ce crayon se trouve bien en face du zéro de l'échelle; cette marche à blanc de quelques instants sert encore à bien répartir uniformément l'huile entre les surfaces flottantes.

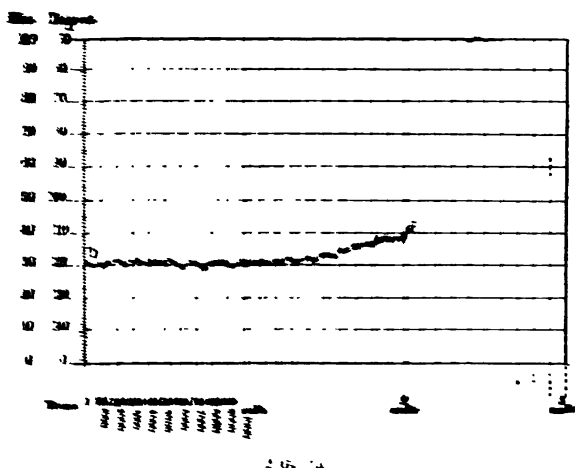
La feuille à diagramme (dont nous donnons ici un spécimen) porte, imprimées sur le côté gauche, deux colonnes verticales : l'une porte l'échelle graphique des résistances données par l'élévation du crayon enregistreur avec l'huile d'olive, aux diverses charges de 0 à 100 kilogrammes par centimètre, l'autre, en regard de chaque charge, le coefficient d'onctuosité de l'huile d'olive pour cette charge. Nous donnons plus loin la manière d'établir cette échelle des coefficients d'onctuosité de l'huile d'olive sur les feuilles à diagramme. Au bas de la feuille, horizontalement, sur deux lignes (des centaines et des milles), sont enregistrés les tours faits par la machine d'essai.

Un compteur à cadran sur le dynamomètre permet de vérifier l'accord parfait qui doit exister entre les tours inscrits sur le diagramme et ceux du dynamomètre.

Le crayon de l'enregistreur d'une part, le compteur



de tous l'autre part, marquant bien zéro au moment de la mise en marche de l'essai, on met cet essai en marche en retirissant la charge à 50 kilogrammes,



c'est-à-dire en replaçant sur la division du levier marquée 50 kilogrammes le contrepoids qui avait été enlevé pour la vérification.

Dès la mise en marche, la résistance de la machine d'essai se traduit sur le dynamomètre par l'élévation verticale sur la feuille à diagramme du crayon de l'enregistreur jusqu'à une certaine hauteur. Soit 120 degrés le coefficient d'onctuosité marqué par le crayon, et désignons par la lettre *b*, sur la feuille à diagramme, ce point où le crayon s'est élevé.

Ce degré 120 est le coefficient d'onctuosité de l'échan-

tillon essayé. Le crayon cependant trace peu à peu, à partir du point *b*, une certaine ligne sur la feuille à diagramme, d'autant plus courbe et s'élevant d'autant plus verticalement que, l'huile se dénaturant de plus en plus, la résistance devient plus grande.

Pendant ce temps, l'expérimentateur qui ne quitte pas des yeux le thermomètre de l'appareil à friction pour saisir le moment où la température commence à s'élever, peut arrêter l'essai aussitôt que le thermomètre lui signale un commencement d'échauffement ; les deux facteurs cherchés lui sont connus : le coefficient d'onctuosité 120 degrés obtenu dès la mise en marche, la capacité onctueuse qui est le nombre de tours correspondant au bas de la feuille à l'extrémité de l'arc, *b, d*, tracé par l'enregistreur. Soit 2000 ce nombre de tours,  $120 \times 2000 = 240\ 000$  ou  $240^\circ$  (en supprimant 3 zéros), tel est le titre du pouvoir lubrifiant de l'échantillon.

On supprime ainsi 3 zéros pour tous les essais, afin de ramener aux centaines tous les chiffres de l'échelle des pouvoirs lubrifiants des huiles.

On essaye de la même manière chacun des échantillons d'huile dont il s'agit ; on obtient ainsi une série de pouvoirs lubrifiants qui se rapportent tous au pouvoir lubrifiant ou au titre de l'huile d'olive égal à 100, pris pour base de l'échelle des pouvoirs lubrifiants de toutes sortes d'huiles.

Nous expliquons plus loin comment le pouvoir lubrifiant de l'huile d'olive, pris pour base de notre échelle des pouvoirs lubrifiants des autres huiles, a été ramené au titre 100 sur cette échelle.

Pour l'échantillon que nous venons d'essayer, le titre fourni par notre essai étant 240 degrés, cela veut dire

que son pouvoir lubrifiant est supérieur à celui de l'huile d'olive dans le rapport de 240 à 100.

**Conduite des essais aux diverses charges et à la température ordinaire.** — Nous venons d'essayer un échantillon à 50 kilogrammes de charge, autrement dit nous venons de rechercher le pouvoir lubrifiant de cet échantillon à 50 kilogrammes de charge ; on conçoit qu'il n'y aurait eu rien de changé s'il eût fallu déterminer son pouvoir lubrifiant à 80 kilogrammes, par exemple, de charge par centimètre.

Il nous eût suffi de produire pour l'essai la charge de 80 kilogrammes sur l'appareil à friction de la machine d'essai.

La marche de l'essai eût été identiquement la même et le rapport entre le pouvoir lubrifiant de l'échantillon à 80 kilogrammes et le pouvoir lubrifiant de l'huile d'olive à cette charge de 80 kilogrammes nous eût été fourni de la même manière sur la feuille à diagramme.

Dans le cas où l'on veut obtenir une échelle à 80 kilogrammes de charge des diverses huiles naturelles ou mélangées, il suffit de construire l'échelle des coefficients d'onctuosité de l'huile d'olive à 80 kilogrammes sur une feuille à diagramme établie en suivant la même marche que celle que nous avons suivie pour l'établissement de cette échelle à 50 kilogrammes (voir plus loin cette marche à suivre) ; on détermine ensuite de la même manière à 80 kilogrammes le pouvoir lubrifiant des diverses huiles et l'échelle à 80 kilogrammes de ces pouvoirs lubrifiants, l'huile d'olive restant toujours le terme de comparaison auquel se rapportent les autres pouvoirs lubrifiants.

Ces essais, établissant le pouvoir lubrifiant des diverses huiles aux diverses charges, sont nécessaires aux marchands d'huile, aux compagnies de chemins de fer, aux industriels, à tous ceux enfin qui ont des machines à graisser sous ces fortes charges.

**Conduite des essais à la charge de 50 kilogrammes par centimètre et aux diverses températures. Essais des huiles pour machines à vapeur.** — Au lieu d'avoir à établir l'échelle des pouvoirs lubrifiants aux diverses charges pour une température donnée, il s'agit ici d'établir l'échelle des pouvoirs lubrifiants des huiles aux diverses températures pour une charge donnée.

C'est le cas des essais d'huiles pour machines à vapeur. Pour ces machines, les organes à lubrifier ne supportent pas une charge considérable, aussi faisons-nous ces essais à 50 kilogrammes de charge par centimètre invariablement. Quant à la température, il convient de faire les essais soit à 160 degrés, chaleur de la vapeur à six atmosphères de pression, soit à 180 degrés, chaleur de la vapeur à neuf atmosphères, suivant la pression à laquelle marchent les machines qu'il s'agit de graisser.

Pour obtenir cette température des surfaces frottantes, le coussinet de l'appareil à friction porte des tubulures permettant d'y faire circuler de la vapeur en pression. Le voisinage d'une chaudière fournissant de la vapeur à sept ou neuf atmosphères est donc nécessaire pour ces essais.

La chaleur étant obtenue pour les surfaces frottantes par ce procédé, les essais s'effectuent avec nos appareils exactement comme ceux que nous avons déjà décrits,

et l'échelle des pouvoirs lubrifiants des diverses huiles s'établit d'une façon identique.

On doit toutefois procéder avec une grande prudence à cause de la plus grande facilité avec laquelle les surfaces peuvent être endommagées accidentellement.

Le dynamomètre dans ces essais doit être surveillé avec le plus grand soin ; c'est lui qui, par une brusque indication d'augmentation de résistance, avertit, autant que le thermomètre lui-même, du moment où la capacité onctueuse de l'échantillon commence à diminuer ou est épuisée.

Pour faciliter la marche de l'essai on peut doubler, quintupler et décupler même la quantité d'huile réglementaire fixée pour les essais, c'est-à-dire opérer avec 0 gr. 40 ou 1 gr. ou 2 gr. de l'échantillon au lieu de 0 gr. 20 ; on introduit cette quantité d'huile sur les surfaces pendant les premières minutes de l'expérience. On aura évidemment, pour ramener la capacité onctueuse ainsi doublée, quintuplée ou décuplée, quant aux indications de l'appareil, à la capacité onctueuse vraie, qu'à diviser par 2, par 5, ou par 10 le nombre de tours enregistrés sur la feuille à diagramme.

**Conduite des essais dans le cas de fortes charges et de hautes températures simultanées.** — Dans le cas où il s'agit du graissage des machines fonctionnant avec forte charge et haute température simultanées, on procède encore aux essais d'huile de la même manière que pour les cas déjà mentionnés, en chargeant l'appareil à friction et en échauffant les surfaces frottantes de 1<sup>a</sup> quantité voulue. Cependant une plus grande habileté et une plus grande prudence sont requises de la part

de l'expérimentateur pour ces essais, afin de ne pas endommager les surfaces.

**Manière d'établir l'échelle des coefficients d'onctuosité de l'huile d'olive sur les feuilles à diagrammes.** — Nous avons décrit la manière pratique de faire les divers essais d'huile par cette méthode dynamométrique. Il nous reste à prouver la justesse de cette méthode et l'exactitude rigoureuse de ses résultats.

Tout d'abord, comment l'échelle des coefficients d'onctuosité de l'huile d'olive a-t-elle été établie sur nos feuilles à diagrammes? Cette échelle est-elle toujours vraie et susceptible de vérification?

Elle est susceptible de vérification; elle peut être contrôlée et rétablie avec la plus grande précision, et nous ajouterons avec la plus grande facilité.

Il fallait pour point de départ une qualité d'huile dont l'onctuosité invariable et égale à elle-même pût toujours se retrouver et pût par conséquent servir de base à l'échelle comparative des pouvoirs lubrifiants des autres huiles. L'huile d'olive jouit de cette propriété de présenter toujours une onctuosité identique pourvu qu'elle soit naturelle et le produit d'une récolte d'olives arrivées convenablement à maturité.

Aussi a-t-elle été adoptée pour établir l'échelle des coefficients d'onctuosité à laquelle doivent être rapportés les coefficients d'onctuosité des autres huiles.

A la température moyenne de 14 degrés elle est l'étalon des pouvoirs lubrifiants comparatifs des huiles comme l'eau distillée à 4 degrés est l'étalon adopté pour mesurer par comparaison la densité de tous les corps, le poids du gramme sous l'unité de volume, etc.

Pour l'établissement de notre échelle sur les feuilles à diagrammes, soit une quantité quelconque mais surabondante d'huile d'olive interposée entre les surfaces de l'appareil à friction chargé d'une façon insignifiante, le poids du coussinet et du levier représentant par exemple 10 grammes par unité de surface d'un centimètre carré. Si nous mettons en marche la machine d'essai dans ces conditions, c'est ce que nous appelons la marche à blanc. Le dynamomètre ne supporte qu'une résistance négligeable, et serait-elle considérable, le point rencontré dans ces conditions de marche à blanc sur la feuille à diagrammes par le crayon de l'enregistreur n'en serait pas moins le zéro de l'échelle, zéro tout à fait invariable et que le dynamomètre marchant à blanc indique toujours.

Pour mettre notre feuille de diagramme à zéro, il nous suffit donc de faire coïncider la pointe du crayon avec le point marqué zéro sur notre feuille. C'est ce que nous avons recommandé de faire avant la mise en train de tout essai.

Chargeant ensuite à 50 kilogrammes le levier de l'appareil à friction de la machine d'essai, et la quantité d'huile d'olive interposée étant toujours surabondante entre les surfaces, la résistance à vaincre par le dynamomètre est proportionnelle à 50 kilogrammes de charge par centimètre; elle se traduit par une élévation du crayon de l'enregistreur au-dessus du zéro de l'échelle.

Marquons ce point 50 kilogrammes sur notre échelle. Nous voilà en possession de deux points invariables, zéro et 50 kilogrammes, que le dynamomètre doit nous donner toujours avec la plus grande précision.

Il nous donnera et marquera toujours de même

invariablement les autres points que nous obtenons de la même manière en chargeant progressivement de 10 en 10 kilogrammes l'appareil à friction et en renouvelant l'huile entre les surfaces pour qu'elle soit toujours surabondante et parfaitement pure. Ces points de notre échelle correspondent à 60, 70, 100 kilogrammes de charge de l'appareil à friction.

De même, au-dessous de 50 kilogrammes de charge, nous obtenons les points de notre échelle correspondant à 40, à 30 kilogrammes, etc., jusqu'à 10 et 0 kilogramme enfin, point où nous retombons dans la marche à blanc et dans le zéro de l'échelle.

Remarquons que, lorsqu'il ne s'agit que des coefficients d'onctuosité, l'huile à fournir aux surfaces doit toujours être surabondante, mais l'emploi de la quantité réglementaire est au contraire rigoureusement à observer lorsque c'est la capacité onctueuse qu'il faut établir. Pour construire l'échelle qui nous occupe nous devons faire en sorte avec le plus grand soin que l'huile soit non seulement surabondante, mais toujours parfaitement pure entre les surfaces et l'appareil à friction.

Notre échelle de résistance aux diverses charges de 0 à 100 kilogrammes pour l'huile d'olive étant tracée graphiquement avec une rigoureuse exactitude, ainsi que nous venons de l'expliquer, par l'appareil dynamométrique lui-même, si maintenant, au lieu d'huile d'olive, nous interposons une autre huile entre les surfaces de l'appareil à friction. le crayon de l'enregistreur pour une charge de 50 kilogrammes s'élèvera au-dessus du point marqué 50 kilogrammes sur notre échelle graphique des résistances, si le degré d'onctuo-



Pour l'établissement de notre échelle sur les feuilles à diagrammes, soit une quantité quelconque mais surabondante d'huile d'olive interposée entre les surfaces de l'appareil à friction chargé d'une façon insignifiante, le poids du coussinet et du levier représentant par exemple 10 grammes par unité de surface d'un centimètre carré. Si nous mettons en marche la machine d'essai dans ces conditions, c'est ce que nous appelons la marche à blanc. Le dynamomètre ne supporte qu'une résistance négligeable, et serait-elle considérable, le point rencontré dans ces conditions de marche à blanc sur la feuille à diagrammes par le crayon de l'enregistreur n'en serait pas moins le zéro de l'échelle, zéro tout à fait invariable et que le dynamomètre marchant à blanc indique toujours.

Pour mettre notre feuille de diagramme à zéro, il nous suffit donc de faire coïncider la pointe du crayon avec le point marqué zéro sur notre feuille. C'est ce que nous avons recommandé de faire avant la mise en train de tout essai.

Chargeant ensuite à 50 kilogrammes le levier de l'appareil à friction de la machine d'essai, et la quantité d'huile d'olive interposée étant toujours surabondante entre les surfaces, la résistance à vaincre par le dynamomètre est proportionnelle à 50 kilogrammes de charge par centimètre; elle se traduit par une élévation du crayon de l'enregistreur au-dessus de l'échelle.

Marquons ce point 50 kilogr.

Nous voilà en position

zéro et 50 kilogr.

donner toujours

Il nous de

invariablement les autres points que nous obtenons de la même manière en chargeant progressivement de 10 en 10 kilogrammes l'appareil à friction et en renouvelant l'huile entre les surfaces pour qu'elle soit toujours surabondante et parfaitement pure. Ces points de notre échelle correspondent à 60, 70, 100 kilogrammes de charge de l'appareil à friction.

De même, au-dessous de 50 kilogrammes de charge, nous obtenons les points de notre échelle correspondant à 40, à 30 kilogrammes, etc., jusqu'à 10 et 0 kilogramme enfin, point où nous retombons dans la marche à blanc et dans le zéro de l'échelle.

Remarquons que, lorsqu'il ne s'agit que des coefficients d'onctuosité, l'huile à fournir aux surfaces doit toujours être surabondante, mais l'emploi de la quantité réglementaire est au contraire rigoureusement à observer lorsque c'est la capacité onctueuse qu'il faut établir. Pour construire l'échelle qui nous occupe nous devons faire en sorte avec le plus grand soin que l'huile soit toujours et seulement surabondante, mais toujours parfaitement pure entre les surfaces et l'appareil à friction.

Notre échelle de résistance aux diverses charges de l'huile d'olive étant tracée avec une rigoureuse exactitude, ainsi que nous l'avons vu, par l'appareil dynamométrique, nous allons maintenant, au lieu d'huile d'olive, essayer une autre huile entre les surfaces. Pour cela, le crayon de l'enregistreur, qui jusqu'à 50 kilogrammes s'élève au-dessus de 50 kilogrammes sur notre échelle, nous indique les résistances, si le degré d'onctuo-

l'huile d'olive étant ainsi ramené à un multiple de 10, l'huile d'olive se trouve occuper dans l'échelle des pouvoirs lubrifiants des huiles le titre 100 au-dessus et au-dessous duquel se range le pouvoir lubrifiant des autres huiles.

C'est donc pour assigner le titre 100 à l'huile d'olive dans l'échelle des pouvoirs lubrifiants que la quantité de 0 gr. 20 a été cherchée par tâtonnement et adoptée pour les essais. On peut dans certains cas avoir à doubler, quintupler, décupler cette quantité pour opérer avec plus de facilité ou avec un surcroît de précision.

On conçoit qu'en vue de rendre facile la lecture et la mémoire du titre des huiles, autant que pour donner à tout le monde le moyen de s'entendre sans équivoque sur ces titres, on ait été amené à cette simplification.

---

#### IV

#### AUTRES APPLICATIONS DE LA MÉTHODE DYNAMOMÉTRIQUE

La même méthode et les mêmes appareils permettent de déterminer avec exactitude la perte de force occasionnée par l'usure des tourillons et coussinets insuffisamment graissés, les coefficients de frottement et le degré de poli maximum des divers métaux, d'établir la valeur comparative des diverses méthodes et des divers appareils de graissage, les quantités de force motrice et de lubrifiants que les uns ou les autres font dépenser; elle permet donc pour toutes sortes de cas d'élucider d'une façon certaine qu'elle est la meilleure méthode et quels sont les meilleurs appareils de graissage à employer.

**Perte de force correspondant à l'usure des tourillons et coussinets insuffisamment graissés. Perte de combustible sur les locomotives correspondant à l'usure courante des coussinets et fusées de wagon.** — Quand il n'y a défaut de lubrifiant ni en quantité ni en qualité, l'usure est nulle et la force prise par une machine ou par une usine entière est réduite au minimum; du parfait graissage en effet dépendent non seulement la conservation

du matériel, il est encore une économie de frais générale des locomotives, une économie de charbon, et l'on emploie le vapeur comme force motrice, un plus grand rendement à la force motrice étant hydraulique est l'huile, le rendement supérieur en qualité, enfin une déperdition moindre et une économie de main-d'œuvre puisque les machines perdent leur puissance de se soulever par, ne sont pas soumises à des efforts et à des répétitions fréquentes et ne nécessitent pas une attention et des soins accablés qui se traduisent par des frais généraux plus élevés.

Il était d'une grande importance de pouvoir déterminer d'une façon précise la perte de force correspondant à l'usure des machines faite de graissage; la méthode et les appareils dynamométriques nous permettent d'atteindre ce résultat avec une grande exactitude.

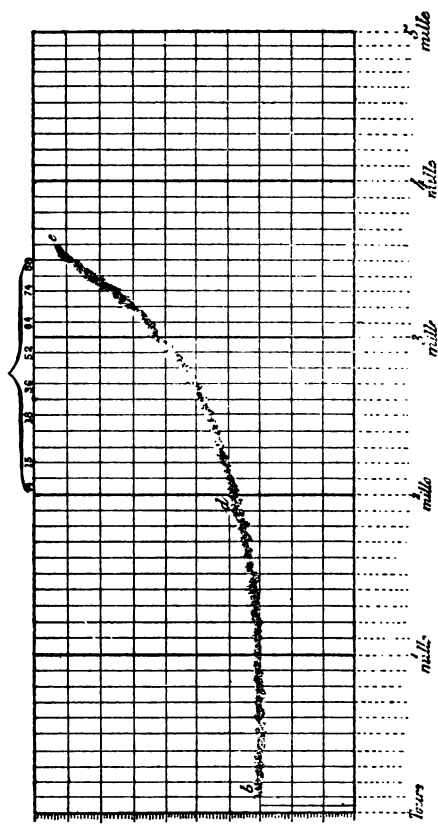
Pour les fusées de wagon de chemin de fer notamment <sup>1</sup>, les statistiques accusent de 6 à 8 millimètres d'usure courante des coussinets en deux années pour les voitures à voyageurs, correspondant environ à un parcours de 90,000 kilomètres, et de 4 à 7 millimètres pour les voitures à marchandises.

Cette insuffisance de lubrification transforme les coussinets de wagon en des freins véritables, dont la puissance croît en progression très rapide avec la charge, témoins les essieux de locomotives pour lesquels le graissage en dessus s'impose.

<sup>1</sup> Page 27, Note sur l'emploi comparé des huiles pour le graissage du matériel roulant (parue dans les numéros d'avril, juillet et octobre 1885 de la *Revue générale des chemins de fer*), par M. Salomon, ingénieur en chef du matériel roulant de la Compagnie de l'Est.

Avant de nous livrer à des expériences dynamométriques, nous soupçonnions l'importance de la perte de force motrice qu'offre la traction des trains de che-

Diagramme obtenu avec un échantillon d'huile essayé à 50 kilogrammes  
de charge avec élévation de température de 14° à 80°



mins de fer, en songeant à la force qu'il faut produire pour qu'une surface aussi unie, aussi lisse que celle d'une fusée de wagon parvienne à user en une année (en

s'usant du reste elle-même) 4 à 8 millimètres du bronze ou de l'alliage des coussinets.

Depuis, nous avons obtenu avec ces appareils l'évaluation de la perte correspondante à l'usure des surfaces en frottement, en dressant l'échelle pour les divers alliages des coefficients de frottement correspondant aux divers degrés d'usure de ces surfaces pour une charge donnée.

A cet effet l'appareil à friction de la machine d'essai est disposé de telle sorte que les surfaces frottantes, soit du tambour, soit du coussinet, puissent être enlevées et changées à volonté.

Nous avons adopté pour cette échelle la charge de 50 kilogrammes par centimètre qui est la charge maximum que supportent les coussinets de wagons.

Pour la construire, nous procédons comme pour un essai ordinaire, mais, au lieu d'interrompre cet essai au moment où les surfaces commencent à s'échauffer, nous relevons, en le continuant, une courbe  $d, c$ , donnant le nombre de tours correspondant aux diverses élévations de température jusqu'à 80 degrés; nous avons le soin de les noter avec précision sur la feuille à diagramme, de 10 en 10 degrés par exemple, ainsi que le montre la feuille à diagramme ici reproduite.

Enfin nous continuons l'essai au-delà de 80 degrés, pour déterminer la marche suivie par la résistance quand il y a, soit un léger, soit un grave endommagement des surfaces par manque d'huile.

La mobilité de ces surfaces sur notre appareil à friction rend aisée leur réparation ultérieure.

Cette recherche des coefficients de frottement des divers métaux ou alliages, suivant la surabondance ou

l'insuffisance plus ou moins grande du graissage, nous a conduit à des résultats inattendus que nous pouvons exprimer ainsi :

1° Quand la lubrification est parfaite, surabondante à l'huile pure, un alliage mou ou un alliage dur employé comme coussinets donnent le minimum de résistance l'un comme l'autre, quelle que soit la charge (étant donné cependant que l'un et l'autre soient assez durs pour ne pas s'écraser sous cette charge);

2° Quand la lubrification est insuffisante, la résistance est plus grande avec les alliages mous qu'avec les alliages durs, si la charge n'est pas trop forte ; dans ces conditions, plus la lubrification est imparfaite, plus les alliages mous font perdre de force ;

3° Quand la lubrification est insuffisante, à la condition qu'elle ne le soit pas trop, les alliages mous font perdre moins de force que les alliages durs, quand la charge est considérable mais ne dépassant pas toutefois un certain point de compressibilité de l'alliage ;

4° Enfin, pour les charges excessives, les alliages mous ne sauraient résister à l'écrasement : on peut toutefois toujours les employer en répartissant cette charge sur une plus grande surface, de manière à ne pas dépasser 50 à 70 kilogrammes environ par centimètre.

D'autre part, si l'on considère les coefficients de frottement des alliages mous et des alliages durs, les premiers sont bien plus élevés que les seconds.

Que conclure de cet ensemble de faits en quelque sorte contradictoires, quelle explication peut-on donner ?

Nous pensons que, si l'interposition de l'huile est surabondante entre les surfaces du tourillon et du



coussinet, il n'y a plus lieu de tenir compte du coefficient de frottement des surfaces métalliques, lorsque la qualité et le coefficient du lubrifiant lui-même déterminent seuls la résistance ; il est évident que, dans le cas contraire, c'est-à-dire lorsque l'huile manque entre les surfaces, les coefficients de frottement des métaux dont elles sont formées se substituent d'autant plus au coefficient de frottement de l'huile que l'insuffisance de lubrification est plus grande ou que l'on augmente davantage la charge.

Les choses se passent ainsi si les métaux ou alliages des coussinets sont assez durs pour ne subir aucun effet de cette augmentation de charge ; mais, s'il s'agit d'alliages mous, à mesure que la charge augmente, un autre facteur intervient, croyons-nous, avec lequel il faut compter, c'est l'écrasement de l'alliage.

Si la compression est suffisante, cet écrasement a pour résultat d'établir un contact plus parfait des surfaces et de répartir la charge plus uniformément sur tous les points de ces surfaces. Dans ces conditions, si l'on se rappelle, d'autre part, la plus grande adhérence des huiles pour ces alliages mous, en supposant que l'insuffisance de lubrification ne soit pas trop grande (et c'est le cas pour les fusées de wagon graissées à l'huile), il s'ensuit une usure sans doute assez rapide de l'alliage mou, mais une usure adoucie en raison du parfait poli et de la parfaite répartition de la charge dus à la compressibilité de l'alliage.

La confirmation de cette opinion nous semble fournie par ce fait qu'il suffit que l'insuffisance de lubrification devienne plus grande et un peu exagérée, ou bien que la charge trop forte dépasse la résistance de compres-

sibilité de l'alliage pour que son usure ait lieu (et c'est bien ce qu'on observe dans la pratique) avec une extrême rapidité.

S'il en est ainsi, le plus ou moins de dureté de l'alliage en raison de la charge serait donc un facteur important pour diminuer la résistance.

D'ailleurs c'est à tort qu'on admet en principe qu'une usure courante des coussinets doit se produire sur les chemins de fer; pour les wagons ou les locomotives, comme pour toute autre machine, il est possible d'améliorer assez le graissage pour rendre surabondantes l'alimentation et l'interposition de l'huile entre les surfaces des fusées et des coussinets, pour empêcher l'encrassement de l'huile et celui des tampons, pour mettre complètement à l'abri les surfaces frottantes et l'huile elle-même du contact désastreux des poussières; c'est à ce point de vue qu'il faut étudier le problème du graissage des fusées de wagon et lui trouver une solution définitive.

Pour le graissage du matériel roulant des chemins de fer, comme pour celui des machines ordinaires, on doit prendre le mal dans sa racine; il ne s'agit pas d'apporter seulement par la composition des alliages un remède à la perte de force motrice, il faut s'attaquer au graissage lui-même et d'insuffisant le rendre parfait en quantité et en qualité; on ne peut en effet, que par le graissage avec surabondance et pureté parfaite du lubrifiant, réduire à leur minimum la perte de combustible, la dépense d'huile et de main-d'œuvre, enfin faire cesser l'usure du matériel condamné dans l'état actuel à un remplacement à brève échéance.

Nous donnons plus loin la description des nouvelles

boîtes de wagon à circulation surabondante d'huile toujours pure qui réalisent ces conditions.

**Comparaison des diverses méthodes et des divers appareils de graissage. Évaluation du préjudice causé par les poussières.** — Il était nécessaire de pouvoir comparer entre elles les diverses méthodes et les divers appareils de graissage afin d'élucider d'une façon sûre, au milieu de leur variété sans nombre, quelle méthode et quels appareils appliquant cette méthode procuraient la plus grande économie d'usure, de force motrice, de lubrifiant et de main-d'œuvre.

De même il était nécessaire de connaître l'augmentation de résistance produite par l'action des poussières extérieures sur les surfaces ainsi que, pour chaque sorte d'huile, la marche de leur dénaturation en présence de ces poussières et de telle qualité de poussière en particulier.

A la détermination de ces quantités non évaluées jusqu'ici a été appliquée la méthode d'essais directs dynamométriques.

Il suffit, pour évaluer avec exactitude les quantités d'usure, de force motrice, de lubrifiant dépensées par chaque méthode ou par chaque appareil ou par telle abondance ou telle qualité de poussières, de reproduire sur la machine d'essai cette méthode ou cet appareil, cette abondance ou cette qualité de poussière.

C'est ainsi que se démontre péremptoirement le préjudice énorme causé par les poussières, ainsi que l'infériorité considérable de la méthode de graissage par la graisse consistante sur la circulation indéfinie de la même huile sans purification et, à son tour,

l'infériorité de celle-ci sur la méthode de circulation surabondante à l'huile toujours pure avec laquelle on supprime (on le démontre expérimentalement et dynamométriquement) toute usure, toute perte de force et de lubrifiant.

C'est seulement en reproduisant ainsi les conditions mêmes de la marche des machines, c'est seulement en mesurant directement la résistance et la consommation de lubrifiant pour chaque cas, que les résultats d'un essai peuvent offrir une garantie d'exactitude indiscutable.

---

**ENGINS GRAISSEURS A GRENAILLE APPLIQUANT  
LE PRINCIPE DE LA CIRCULATION SURABON-  
DANTE D'HUILE TOUJOURS PURE AUTOUR DES  
TOURILLONS.**

Le nom d'engins graisseurs à grenaille a été donné à ces engins parce que la grenaille joue un rôle important dans l'application de la méthode de graissage par circulation surabondante d'huile toujours pure: mais, d'autres particularités essentielles concourent avec elle à réaliser cette application.

Le rôle de la grenaille est de faciliter et de rendre rapide le réglage des godets graisseurs, quelque faible et infinitésimal, en quelque sorte, que soit le débit, d'assurer la continuité et la régularité indéfinies de ces débits, malgré les impuretés de l'air ou de l'huile, dans les paliers, boîtes de wagons de chemin de fer, etc., de filtrer l'huile automatiquement, de la conserver indéfiniment à l'état de pureté parfaite, de mettre les mèches ou tampons alimentant les tourillons complètement à l'abri de l'encrassement, et d'assurer indéfiniment ainsi l'alimentation surabondante de ces tourillons.

Les particularités qui concourent avec la grenaille à l'application de cette méthode sont les suivantes.

Les rainures spéciales creusées dans la partie du coussinet subissant l'effort, rainures qui produisent la circulation et l'interposition surabondantes entre les surfaces, les évacuateurs à anneaux qui recueillent toute l'huile dans la boîte filtrante ou dans le godet récupérateur sans qu'aucune quantité se répande et se perde hors des paliers; enfin ces mêmes évacuateurs constituent d'excellents obturateurs contre toute atteinte des surfaces frottantes ou de l'huile en circulation de la part des poussières venant de l'extérieur.

Il semble que des appareils compliqués et coûteux pouvaient seuls donner de tels résultats; il n'en est rien cependant. Il suffit de jeter les yeux sur les figures descriptives de ces appareils pour se convaincre de leur simplicité et, la preuve la plus probante de toutes, d'examiner leur prix de vente, inférieur, quel que soit le genre d'appareil dont il s'agisse, au prix des autres systèmes.

Ces appareils ont été appliqués aux formes les plus compliquées de mouvement et aux cas les plus usuels de la mécanique générale, résolvant même beaucoup de difficultés de graissage qui n'avaient pu être vaincues ou qui n'avaient été que bien imparfaitement surmontées jusqu'à ce jour.

**Propriétés de la grenaille.** — Deux sortes de grenaille sont employées; dans certains cas, la grenaille de plombagine à grains plats; dans d'autres, la grenaille à grains ronds analogue au plomb de chasse mais d'un numéro beaucoup plus fin que celui que l'on trouve dans le commerce.

L'une et l'autre ralentissent le débit de l'huile en

charge qui les traverse ; l'une et l'autre assurent la régularité et la continuité indéfinies de ce débit ; mais la première, à cause de sa propriété éminemment filtrante due à la forme aplatie de ses grains, sert à la purification de l'huile dans les appareils mêmes (paliers graisseurs, godets graisseurs, boîtes de wagon, etc.), ou hors des appareils (filtres à grenaille de plombagine) ; la seconde, peu filtrante, à cause de la forme arrondie de ses grains, n'est appelée qu'à retenir à sa surface les grosses impuretés, empêchant ainsi l'obstruction de l'orifice d'écoulement qu'il s'agit d'ouvrir ou de fermer à volonté au sein de la grenaille pour varier ou interrompre facultativement le débit de l'huile dans certains appareils.

Les appareils à grenaille de plombagine sont seuls employés quand les organes à graisser doivent fonctionner au sein des poussières intenses ; dans les industries ordinaires où les poussières ne sont pas exagérées, ceux à grenaille à grains ronds et ceux à grenaille de plombagine sont appliqués indifféremment.

Le ralentissement de l'écoulement est dû, ainsi que que la régularité des débits, à ce que l'huile en charge est obligée de circuler à travers l'infinité de canaux brisés en tous sens qui existent entre les grains ; la continuité des débits est due aux innombrables points de tangence des grains entre eux, qui ont pour effet une imbibition invincible de proche en proche de toute la masse des grains.

Les appareils à grenaille sont, toutes proportions gardées, ce que sont dans la nature les sources prenant naissance sous un amoncellement de sable ou de gravier, sources qui sourdent depuis la formation de ces

amoncellements, c'est-à-dire depuis des milliers d'années, avec une régularité parfaite et rigoureusement proportionnelle à l'abondance des pluies qui les alimentent.

La régularité et la continuité des débits sont dues encore à la surface de filtration qui retient toutes les impuretés contenues dans l'huile ou apportées par l'air ambiant.

La lenteur de l'encrassement de la grenaille peut être retardée autant qu'on le désire en augmentant le rapport entre la surface protectrice et la section de l'orifice d'écoulement.

Reproduisant en réduction ce que la nature nous met sous les yeux, il a suffi de porter ce rapport à 1000, dans les moindres godets graisseurs, c'est-à-dire que, dans ceux des appareils où la surface de la grenaille est la plus petite, elle se trouve cependant mille fois plus grande que l'orifice d'écoulement ; il n'a pas été nécessaire pour cela d'agrandir les formes et dimensions ordinaires des appareils.

Avec ce rapport égal au moins à 1000, au plus à 5 ou 6000, l'expérience a montré que, dans les usines où la poussière n'est pas exagérée, cette surface de filtration était assez grande pour que l'encrassement fût insensible. Après trois années de marche il n'est pas possible, en effet, de constater une variation appréciable dans les débits.

Pour les industries qui développent le plus de poussières, les fabriques de chaux, de ciment par exemple, les salles contenant les machines sont inaccessibles aux ouvriers quand ces machines sont en mouvement, l'atmosphère étant tellement chargée de poussières que le



sol est recouvert d'une couche de matière en poudre de 20 à 30 centimètres d'épaisseur ; les appareils graisseurs, on le conçoit, sont promptement ensevelis sous cette matière ; ils fonctionnent cependant plusieurs années avec la même grenaille, et ce n'est que tous les deux ans environ qu'il faut la remplacer.

Il est nécessaire, dans ces usines, de nettoyer chaque jour le trou qui, dans le couvercle de chaque appareil, permet à la pression atmosphérique de s'exercer.

Le remplacement de la grenaille à de tels intervalles est une dépense insignifiante, car il n'en rentre dans chaque appareil que pour quelques centimes seulement. A ce prix le graissage est assuré, ce qui pour ces industries équivaut à des économies d'usure des machines, de force motrice, de lubrifiant, d'augmentation de rendement, qui abaissent le prix de revient des produits fabriqués dans une proportion très considérable.

La sécurité qu'offrent les appareils à grenaille, même au milieu des poussières exagérées, est rendue tout à fait complète par ce fait que jamais l'arrêt du débit de l'huile ne peut être brusque et instantané, on le conçoit, puisque l'encrassement ne s'accomplit qu'avec une extrême lenteur et que, par le remplacement de la grenaille ou par son nettoyage, on est assuré de voir les appareils donner indéfiniment de parfaits résultats.

La grenaille de plombagine a été adoptée plutôt que de la grenaille en toute autre matière parce qu'elle réunit toutes les qualités requises pour l'usage dont il s'agit ici ; elle n'est pas attaquée par les acides gras, elle ne risque pas d'endommager les organes de machines qu'elle atteindrait accidentellement, enfin son prix est peu élevé. En outre, elle jouit de la propriété

de rougir au feu indéfiniment sans inconvénient (on sait qu'elle sert à faire les creusets de fonderie); cette propriété est précieuse, car, servant à filtrer les huiles, il suffit de la faire rougir pour la purifier indéfiniment.

**Moyen de régler les débits de l'huile circulant à travers la grenaille, quelle que soit la qualité d'huile employée.**

— Quelle que soit la qualité de l'huile employée et pour quelque liquide que ce soit d'ailleurs, on peut régler les débits au travers de la grenaille :

1° Par le numéro de la grenaille. Dans ce cas, la section de l'orifice d'écoulement est invariable, les débits sont d'autant plus petits que les numéros sont plus fins; le nombre de ces numéros étant illimité, comme le sont les numéros des toiles servant à les tamiser, on obtient absolument tous les débits et les plus invraisemblablement petits avec autant de facilité que les plus grands. C'est ainsi que l'on produit (résultat à peine croyable et qu'inutilement, croyons-nous, on défierait par quelque autre moyen de reproduire) la formation et l'écoulement d'une goutte, soit la 20<sup>e</sup> partie d'un gramme en 24 heures, et cela avec une régularité tout à fait chronométrique, et indéfiniment.

2° En adoptant un numéro unique de grenaille et en ouvrant plus ou moins au sein de cette grenaille un orifice d'écoulement, de manière à varier ainsi à volonté le débit.

A cet effet, comme registres, deux tubes minces (fig. 14) coulissent l'un dans l'autre à frottement dur, l'un découvrant plus ou moins dans son mouvement l'ouverture longitudinale dont l'autre est muni.

Soit le godet en verre ou en métal G; au-dessus et

en prolongement du tube d'écoulement de l'huile T, est fixé le tube mince E portant une fente ou trait de scie F, située dans sa partie la plus inférieure, au fond du godet. Le tube registre I coulisse à l'intérieur du tube E.

En enfonçant ce tube registre à fond de course, la

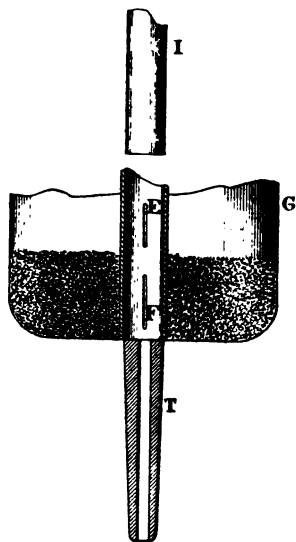


FIG. 14

fente F est fermée complètement et le débit cesse ; en le soulevant plus ou moins, on découvre plus ou moins la fente, c'est-à-dire l'orifice par où l'huile coule ; on règle ainsi le débit à volonté.

Un frottement dur des tubes, qui assure la position d'ouverture invariable du registre, a été obtenu en faisant dans la partie supérieure du tube E un autre trait

de scie de longueur déterminée, suivant le frottement plus ou moins dur qu'on veut établir.

La grenaille que contient le godet jusqu'au  $\frac{1}{4}$  ou au  $\frac{1}{3}$  de sa hauteur recouvre la fente du débit et l'huile; celle-ci la traverse pour arriver à l'ouverture de cette fente qui se fait au plus bas du godet. Il est à remarquer que la tangence des grains avec les deux arêtes de la fente est exactement semblable à celle des grains entre eux; il en résulte le même phénomène de cheminement de l'huile, par points de tangence, la même régularité et la même continuité de débit.

Suivant le genre d'appareil, l'un ou l'autre de ces deux moyens de régler les graisseurs a été mis en pratique.

Le plus ou moins d'épaisseur de la couche de grenaille pourrait faire également varier les débits, aussi y a-t-il toujours à peu près la même épaisseur de grains dans les appareils, quelle que soit leur taille. Quant à l'influence sur la quantité d'écoulement du plus ou moins de hauteur de la colonne d'huile au-dessus de la grenaille, elle serait sans doute appréciable s'il s'agissait de hauteurs importantes; dans les appareils, la hauteur de cette colonne d'huile, variant de 5 à 8 centimètres seulement, la variation du débit de l'huile qui en résulte est tout à fait négligeable.

**Propriétés de la plombagine qui la rendent éminemment propre à la filtration; filtre à grenaille de plombagine.** — Si à la constitution grenue de la grenaille, quelles que soient sa composition chimique et la forme arrondie, plate ou allongée, de ses grains, sont dues les propriétés ralentissantes et régulatrices d'écoulement

des liquides en charge qui la traversent, par contre c'est à la forme aplatie des grains de la plombagine qu'est dû son pouvoir remarquable de filtration.

Une matière est d'autant plus filtrante qu'elle retient davantage à sa surface, tout en laissant passer les liquides, les impuretés que contiennent ces liquides, quelque tenues qu'elles puissent être, et qu'elle se laisse moins profondément pénétrer par elles ; or les grains arrondis en forme de sphères se laissent pénétrer par les impuretés des liquides à filtrer, à cause de la forme des interstices entre leurs grains, beaucoup plus que les grains allongés en forme de cylindres ou de prismes longs, ceux-ci à leur tour beaucoup plus que les grains aplatis ; aussi le sable est-il beaucoup moins filtrant que les poudres d'os, celles-ci beaucoup moins filtrantes que la plombagine, la première de ces trois grenailles étant le type des grains ronds, la seconde le type des grains allongés, la troisième le type des grains plats.

L'expérience démonstrative de ces trois degrés de pouvoir de filtration est facile à reproduire. Qu'on mette en présence trois filtres identiques, contenant comme matière filtrante les trois corps que nous venons de citer, tamisés à l'aide des deux mêmes toiles, afin que la grosseur des grains soit bien la même ; qu'on les charge de la même quantité du liquide à filtrer, en prenant toutes les précautions nécessaires pour que l'homogénéité de ce liquide soit bien la même pour les trois filtres ; qu'on vérifie d'ailleurs les résultats par des expériences répétées et contradictoires, les opérations étant prolongées jusqu'à un degré convenu d'encrassement. Que trouve-t-on ?

On trouve : 1° que les grains ronds opèrent plus vite au début la filtration, mais qu'ils sont cependant le plus vite encrassés ; 2° que la quantité de liquide filtré produite par les grains ronds est bien inférieure, à poids égal de matière filtrante, à celle des deux autres filtres ; 3° enfin que la qualité, c'est-à-dire le degré de purification du liquide obtenu avec ces grains, est incomparablement inférieure à celle atteinte avec les autres filtres. On reconnaît que la plombagine est celle des trois matières filtrantes qui donne de beaucoup les meilleurs résultats, soit comme durée de service de la grenaille, soit comme qualité et perfection de l'épuration.

En outre, la plombagine jouit d'autres privilèges d'une grande importance ; on la purifie en la faisant rougir au feu et elle ressert d'autant plus souvent que des crasses sont davantage détruites par l'action du feu (et pour les huiles les crasses sont presque complètement brûlées) ; à sa qualité éminemment filtrante, la plombagine joint donc l'avantage de donner une filtration très économique : elle est inattaquable par la plupart des réactifs acides ou basiques, aussi convient-elle non seulement pour la filtration des huiles encrassées mais encore pour l'épuration de beaucoup d'autres liquides.

En décrivant ici les filtres à grenaille de plombagine, nous appelons l'attention sur la disposition de la filtration de bas en haut qui a été adoptée et sur la facilité de régler la lenteur de la filtration.

La filtration de bas en haut a une grande importance, car elle oblige la plus grande partie des impuretés contenues dans les liquides à s'accumuler sous le filtre et à

s'en détacher pour tomber au fond du vase par décantation, au lieu de pénétrer la matière filtrante. Il s'ensuit que beaucoup d'impuretés sont éliminées par décantation ; les rendements sont énormément accrus de cette manière.

Quant à la facilité de régler la lenteur de la filtration, réglage que l'on obtient en faisant varier la position plus ou moins enfoncée du flotteur au sein du liquide à filtrer, elle a aussi une grande importance et une grande influence soit sur la perfection de la filtration, soit sur le rendement ; il est essentiel, en effet, de pouvoir ralentir l'opération d'autant plus que le liquide à filtrer est plus encrassé et d'autant plus qu'il doit être plus parfaitement épuré.

L'huile versée dans le réservoir A (fig. 15) s'y décante pendant la filtration. Une bonde permet de soutirer les dépôts.

Le flotteur F est terminé à sa partie inférieure par la boîte démontable I, dans laquelle se trouve la grenaille filtrante disposée entre les toiles métalliques TT'. Le poids du flotteur est équilibré par les contrepoids PP'.

Le couvercle U du flotteur est creux. En le chargeant plus ou moins d'un corps lourd quelconque, celui-ci s'enfonce plus ou moins au sein de l'huile à filtrer.

La filtration a lieu de bas en haut à travers la grenaille ; par la charge du flotteur on règle la lenteur de la filtration à volonté. Il importe de l'effectuer d'autant plus lentement que l'huile à filtrer est plus encrassée.

On puise l'huile pure dans le flotteur, journellement, au fur et à mesure de sa production, à l'aide d'un robinet situé au bas du flotteur, en soulevant celui-ci le plus possible au-dessus du récipient I.

Le filtre doit être placé à l'abri du froid, autant que possible dans un local chauffé en hiver.

Comme nous l'avons déjà dit, la grenaille de plombagine ressert indéfiniment. Il suffit de la faire rougir au feu sur de la tôle pour brûler la crasse et la nettoyer complètement.

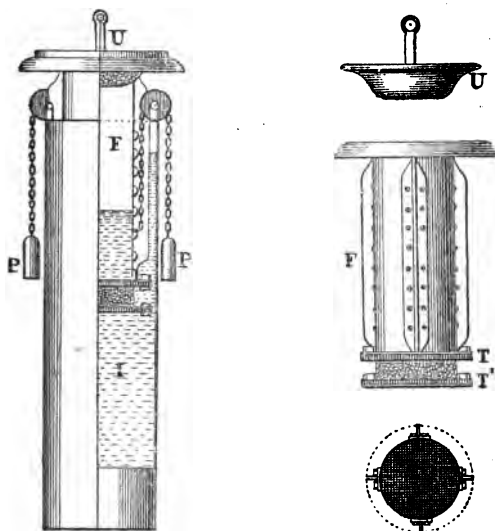


FIG. 15

**Graissage par godets graisseurs.** — Le graissage par godets graisseurs s'impose pour les organes secondaires et pour les mille trous graisseurs d'une machine, ainsi que pour ses organes principaux ou pour les transmissions pour lesquelles le graissage, plus parfait par paliers graisseurs, ne serait pas encore appliqué.

Ce mode de graissage est bon en principe, à la condition que toute l'huile soit recueillie sans perte et à





l'huile de l'air pour le faire et le faire ressortir après purification. Le principe que le l'huile est ainsi récupérée et l'huile ne puisse se faire circuler en quantité suffisante de l'huile pour la méthode de circulation supplémentaire et à l'huile pure.

Mais la question des godets graisseurs ainsi effectués en fait et pour l'huile et en fait toutefois que les godets graisseurs les conditions de réglage facile, de simplicité de réglage et de sécurité de fonctionnement.

Nous voyons que le besoin de réglage facultatif et de sécurité de fonctionnement est commun à tous les godets employés jusqu'à.

Ces godets en fait ne viennent que par le moyen plus ou moins ingénieux de régler les débits; ils s'appliquent à ouvrir ou à fermer plus ou moins un orifice tout à fait microscopique; or il est impossible de régler une ouverture aussi petite, parce qu'elle est soumise à des phénomènes de capillarité et d'influences atmosphériques qu'on ne peut prévoir dans la pratique, ensuite parce qu'il n'existe pas de moyen mécanique, si ingénieux soit-il, d'ouvrir ou de fermer insensiblement une ouverture microscopique, enfin parce que, ce réglage fût-il obtenu, une impureté même microscopique ne tarde pas à obstruer cette ouverture.

Nous avons souvent constaté qu'il était impossible de satisfaire avec un seul type d'appareils aux conditions si diverses de formes et aux dispositions si différentes qui se rencontrent dans la pratique pour l'innombrable variété des machines à graisser, et en effet, ce n'est pas aux machines à se plier aux formes et aux dispositions des graisseurs. Aussi nous décrivons les trois catégories

de godets graisseurs à grenaille qui répondent à tous les besoins.

Des trois séries A, AR et D, la série A à grenaille de plombagine doit être seule employée pour les industries très poussiéreuses ; pour tous les autres cas, les trois séries conviennent indifféremment. Les séries AR et D sont munies d'un registre qui permet de régler et de varier à volonté les débits ou de les interrompre, tandis que les godets de la série A, n'étant réglés qu'une fois pour toutes par le numéro de la plombagine, ont un débit continu.

Quand les débits doivent être faibles, de peu de grammes ou de fractions de grammes en 24 heures, la continuité de ces débits ne constitue pas un défaut ; elle est même avantageuse, car les quelques gouttes accumulées la nuit sur les tourillons servent le matin, à la mise en marche, à graisser, plus abondamment au départ et après repos de la machine que pendant sa marche normale, ainsi qu'il convient.

La plombagine, qui est une matière friable, n'offre pas d'inconvénient du fait de cette friabilité, car, une fois imbibée d'huile, la masse compacte ainsi formée ne subit aucun changement ni dans le nombre ni dans la grosseur de ses grains.

Comme pose des godets sur les chapeaux de paliers ou autres organes à graisser, il est important de faire en sorte que les trous destinés à les recevoir ne soient pas plus grands que la tige tubulaire du godet entrant dans ces trous, d'abord pour que le godet soit fixé solidement, ensuite afin d'éviter que les poussières puissent s'introduire sur le tourillon par ce jeu entre les pièces.

A cet effet, si les trous existent déjà, on emploie

110115

(fig. 16) des bouts de tube en bois B, entrant juste dans ces trous, et dans lesquels la tige du godet s'ajuste exactement.

On peut avoir à graisser à distance, soit pour placer les godets dans une position abritée, où il y ait moins de danger qu'ils ne soient heurtés et brisés accidentellement, soit parce que l'organe à graisser est inaccessible.

Dans ce cas, on se sert d'un tube contourné suivant

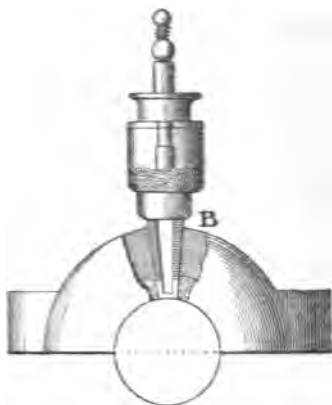


FIG. 16

les sinuosités de la distance à franchir ; son extrémité supérieure est ajustée au godet, son extrémité inférieure à l'organe qu'il s'agit de graisser.

Enfin si accidentellement il était nécessaire, à une mise en marche, par exemple, de donner plus d'huile à un tourillon que n'en débitent les godets, ceux-ci étant mobiles, on peut, sans les dérégler, en les soulevant un instant, verser avec la burette le supplément d'huile nécessaire.

M. P. U.

**Description des godets graisseurs à grenaille série A.**

— Ces graisseurs sont de simples godets en verre, mon-

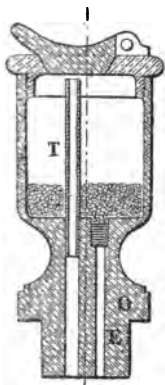


FIG. 17

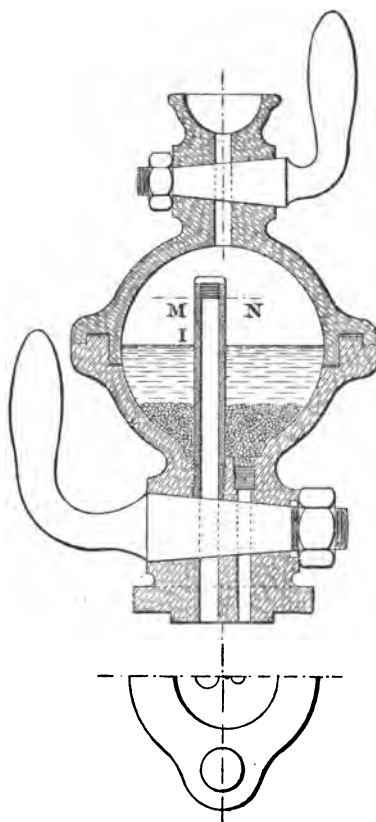


FIG. 18

tés en cuivre solidement. Ils sont munis d'un couvercle dans lequel un trou a été percé pour que la pression atmosphérique puisse s'exercer.

Le tube d'écoulement T dont la section est invariablement de 3 millimètres de diamètre, quelle que soit la taille du graisseur, pour que les débits ne varient que selon le numéro de la grenaille porte (fig. 17), au sommet, en contact avec la grenaille, un obturateur formé d'une petite bande de toile métallique pliée sur elle-

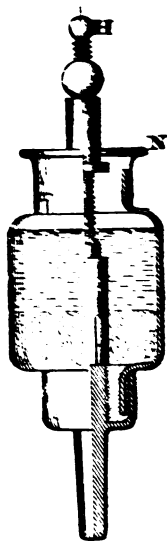


FIG. 19



FIG. 20

même, qui laisse passer librement l'huile et retient la grenaille. Cet obturateur est maintenu et ne peut glisser à l'intérieur du tube d'écoulement, grâce à un épaulement.

S'agit-il de remplacer la grenaille, on nettoie le godet et l'obturateur qui s'enlève facilement, en le refoulant à l'intérieur du godet : on se sert pour ce nettoyage

d'une lessive chaude, rendue légèrement alcaline avec de la soude ou de la potasse.

N <sup>os</sup>	Débit en 24 heures d'huile d'olive Fluidité 0,815		Débit en 24 heures d'huile minérale Fluidité 0,847	
164.....	0 gr. 5.....		0 gr. 1	
154.....	1 ».....		0 5	
143.....	2 ».....		1 »	
132.....	4 ».....		2 »	
121.....	6 ».....		3 »	
111.....	6 ».....		5 »	
91.....	15 ».....		8 »	
89.....			12 »	
77.....			16 »	

Pour les autres qualités d'huile naturelle ou mélangée, on connaîtra leur débit en faisant le calcul de proportion d'après leur fluidité.

L'échelle des fluidités ou viscosités des huiles s'obtient à l'aide des ixomètres. Nous décrivons plus loin les ixomètres à grenailles simples et très bon marché.

#### Description des godets à grenaille, séries AR et D.

— Les godets de ces deux séries sont à réglage et à arrêt facultatifs du débit à l'aide d'un registre ouvrant ou fermant plus ou moins un orifice d'écoulement au sein de la grenaille, registre formé des deux tubes que nous avons décrits précédemment.

Quant à la manœuvre de ce registre, elle est bien simple.

Le tube registre (fig. 19) se meut verticalement, en réglant sa position suivant le débit à obtenir.

Pour l'arrêt, une tige à l'intérieur du tube registre repose sur l'orifice d'écoulement. On soulève cette tige pour remettre en marche.

Une fois réglé, on peut ouvrir ou fermer indéfiniment le débit : il reste invariable.

Les godets de la série D (fig. 20) sont identiques aux godets de la série AR comme fonctionnement ; ils sont munis d'un compte-gouttes B démontable afin de visiter au besoin le verre du compte-gouttes ; celui-ci est interchangeable, pour n'avoir qu'à remplacer la partie en verre si par accident on venait à la briser. On filete à la filière le bas de ces compte-gouttes, et on les fixe solidement à l'excentrique, glissière, etc., qu'il s'agit de graisser.

**Graissage par paliers graisseurs.** — Étant donné la nécessité de n'alimenter que surabondamment et à l'huile toujours parfaitement pure les tourillons des paliers, deux moyens peuvent être employés pour obtenir ce double résultat : le premier est d'alimenter le tourillon à l'aide d'un godet graisseur placé sur le chapeau de chaque palier ou à proximité, et de recueillir l'huile pour la filtrer dans un filtre unique dont chaque usine peut être pourvue ; le second est de mettre en circulation et en filtration indéfinies dans les paliers eux-mêmes une certaine quantité d'huile.

Le premier de ces deux moyens nécessite un peu plus de main-d'œuvre de la part de l'ouvrier chargé d'une usine ; il doit, tous les huit ou quinze jours, ou tous les mois, suivant le genre d'industrie et de machines, faire la tournée des paliers, remplir les godets et vider, s'il y a lieu, l'huile encrassée qu'ils contiennent. Cette opération s'effectue pendant la marche, et l'augmentation de main-d'œuvre qu'elle entraîne est de peu d'importance ; une visite régulière et méthodique des ma-

chines est d'ailleurs le meilleur moyen d'éviter les accidents. En outre, un directeur d'usine, un patron, peuvent en un coup d'œil, grâce à ce que les godets s'aperçoivent de loin ordinairement, surveiller le graissage et s'assurer directement par eux-mêmes du bon entretien de leurs machines. En est-il ainsi avec les paliers à circulation indéfinie ? Le fait même de n'avoir à renouveler l'huile dans ces paliers que tous les six mois ou tous les ans constitue-t-il un avantage ou un inconvénient ? Cette longue durée de service n'entraîne-t-elle pas des oublis et des accidents ?

Les opinions peuvent être divisées à cet égard ; aussi décrivons-nous deux séries de paliers donnant satisfaction à l'une et à l'autre opinion. L'une, la série A, est munie d'un godet graisseur à grenaille, et l'huile est récupérée dans le palier fondu creux à cet effet, ou dans un godet sous le palier ; l'autre, la série B, qui, à cause de la plus grande surabondance de circulation, convient spécialement pour les vitesses excessives et pour les usines poussiéreuses à l'excès, est à circulation et à filtration à l'intérieur des paliers.

**Paliers graisseurs, série A, à récupération d'huile hors des paliers.** — Le tourillon, à l'aide du godet à grenaille G, est alimenté d'huile ; on règle le débit de ce graisseur de façon à ce que la quantité d'alimentation soit surabondante ; l'huile est récupérée, puis filtrée hors des paliers. Le principe de graissage par circulation surabondante et à l'huile toujours pure est appliqué.

Les dispositions que nous avons décrites pour l'évacuation et la récupération se retrouvent dans ces paliers.

L'huile fournie par le godet G (fig. 21) s'interpose en



quantité surabondante entre le tourillon et le coussinet, grâce aux rainures RR' ; l'arrêt de l'huile aux extrémités des coussinets et son évacuation ont lieu au moyen des anneaux évacuateurs I. L'huile, à sa sortie des coussinets par les trous d'évacuation U, se rend, sans que la plus petite quantité se perde le long de l'arbre ou se répande à l'extérieur du palier, dans le réservoir disposé à cet effet pour la recevoir.

Comme réservoir récupérateur, deux dispositions sont appliquées, suivant l'état des lieux, le genre des machines ou de transmissions dont il s'agit ; ou bien le palier sert lui-même de vase récupérateur ; ou bien, sans y séjourner, l'huile se rend hors du palier dans le godet récupérateur E, d'où on la retire avec facilité. Ce godet peut être placé à n'importe quelle distance du palier si l'on donne au tube T la longueur et la forme convenables.

L'huile ainsi recueillie est ensuite portée au filtre de l'usine.

Ces paliers, quoique moins parfaits que ceux de la série B, que nous allons décrire, au point de vue de l'abondance d'alimentation, suffisent dans beaucoup de cas ; comme pour la série B, les surfaces frottantes y sont complètement à l'abri des poussières extérieures, celles-ci ne pouvant entrer par le godet à grenaille d'alimentation, et celles qui se présentent aux extrémités des coussinets étant entraînées avec l'huile de circulation dans le vase récupérateur.

**Paliers graisseurs série B, à circulation d'huile et à filtration automatiques.** — Les paliers de cette série (fig. 22) contiennent l'huile de circulation ; les mèches

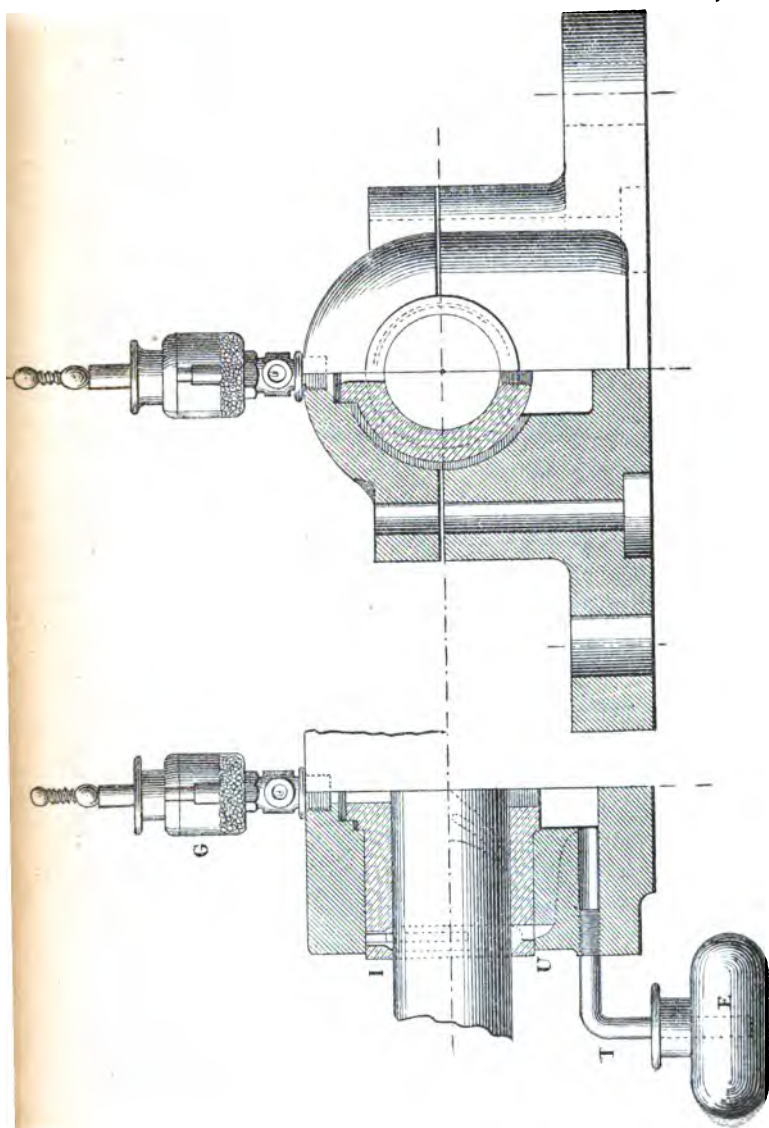


FIG. 21

M puisent cette huile par capillarité et en alimentent le velours V qui la communique au tourillon, et la circulation avec interposition surabondante entre les surfaces s'établit par les rainures RR' et les évacuateurs I.

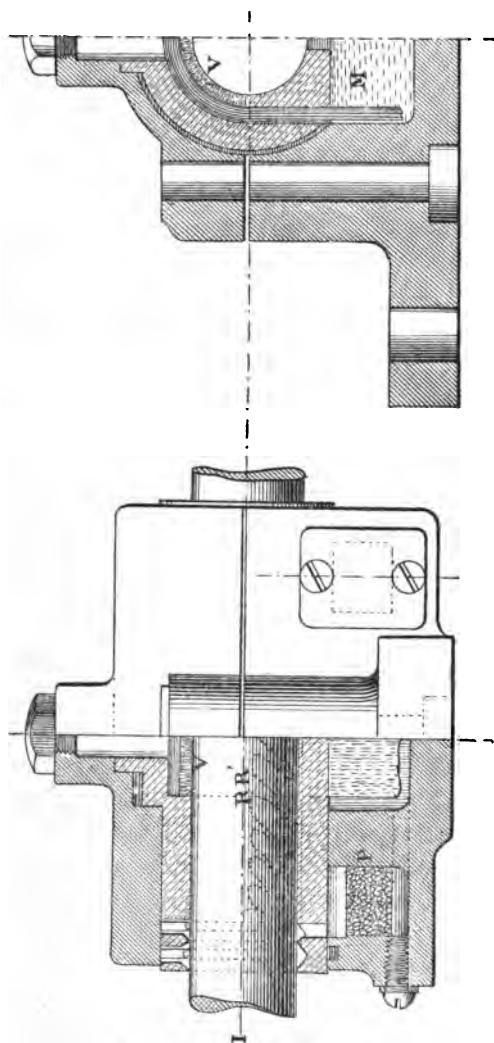
L'huile, au travers des filtres à plombagine P, retourne aux mèches M, pour être indéfiniment remontée aux tourillons après purification.

Dans les paliers, aucune impureté ne produit l'encrassement des mèches et des velours, et leur pouvoir capillaire d'absorption, toujours le même, assure indéfiniment l'alimentation surabondante du tourillon. Néanmoins, ces mèches peuvent être au besoin remplacées aisément : il suffit, pour les retirer, d'enlever le chapeau du palier.

Ces paliers donnent les résultats les plus satisfaisants, quelle que grande que soit la vitesse du tourillon et quelle que soit l'abondance des poussières au milieu desquelles ils sont appelés à fonctionner.

Quelle que grande que soit la vitesse du tourillon, l'huile, au lieu d'être projetée violemment au dehors, comme cela a lieu avec les vitesses excessives, reste toujours en circulation normale dans le palier. Même dans le cas où ces paliers sont ensevelis sous un amas de matière en poudre, très peu de cette matière pénètre par les extrémités des coussinets à l'intérieur du palier; le peu qui pénètre, sans atteindre jamais les surfaces frottantes, est obligé, grâce aux évacuateurs successifs II, de se rendre sur les filtres avec l'huile de circulation. La plombagine de ces filtres se remplace de temps à autre, opération qui s'exécute en quelques instants.

C'est afin d'éviter les nettoyages, qui presque toujours ne peuvent se faire qu'en démontant les paliers,



que la filtration de haut en bas au travers de la grenaille, et non de bas en haut avec décantation préalable, a été adoptée. Avec cette disposition, la grenaille des filtres demande à être changée plus souvent il est vrai, mais les nettoyages du palier, qui offrent bien des difficultés et des frais, sont évités.

**Poulies folles.** — Le graissage des poulies folles a été l'objet de nombreuses tentatives restées pour la plupart

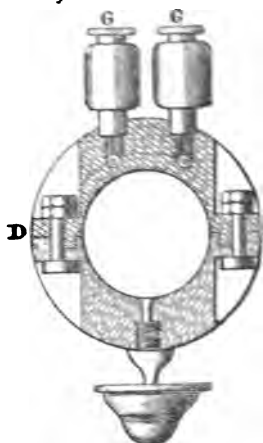


FIG. 23

sans résultat ; le moyen que nous allons décrire n'est pas applicable ordinairement aux machines existantes, ou du moins il occasionne une transformation assez coûteuse ; mais, pour les machines à construire, il n'entraîne à peu près aucun supplément de dépense et donne un résultat complètement satisfaisant.

Pour toute poulie folle construite avec soin, il est d'usage de ne pas la faire tourner directement sur l'arbre qui la porte, mais de se servir d'une douille intermédiaire clavetée sur l'arbre ; c'est autour de cette douille que tourne la poulie folle. Cette douille porte un épaulement pour maintenir la poulie, épaulement qui remplace la bague à vis de serrage de l'ancienne construction.

Le nouveau procédé consiste tout simplement, au lieu de claveter cette douille D (fig. 23 et 24), à la laisser entièrement libre autour de l'arbre, tout en la main-

tenant immobile à l'aide d'un contrepoids, ou mieux à l'aide d'un bras rigide la reliant à un point fixe quelconque situé au dessus, au dessous ou par côté.

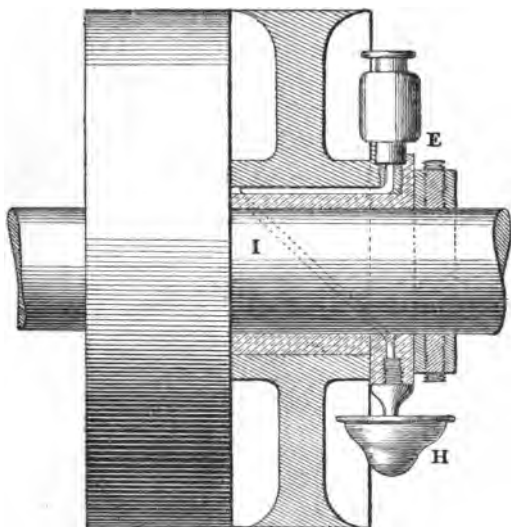


FIG. 24

Dans ces conditions, la poulie folle tourne à l'extérieur, et l'arbre à l'intérieur de cette douille, et deux graisseurs GG' graissent l'un entre la douille et l'arbre l'autre entre la douille et la poulie folle.

Les godets GG' sont fixés sur l'épaulement E, ou à distance à volonté, pourvu que l'huile soit amenée au moyen de tubes aux trous graisseurs situés sur cet épaulement.

Les rainures évacuatrices l ramènent et récupèrent l'huile dans un godet H, sous la poulie.

Une fois la courroie sur la poulie folle, il n'est pas à craindre un entrainement, les embrayages ou débrayages accidentels et souvent dangereux ne sont plus possibles.

Les godets GG' se règlent comme des graisseurs or-

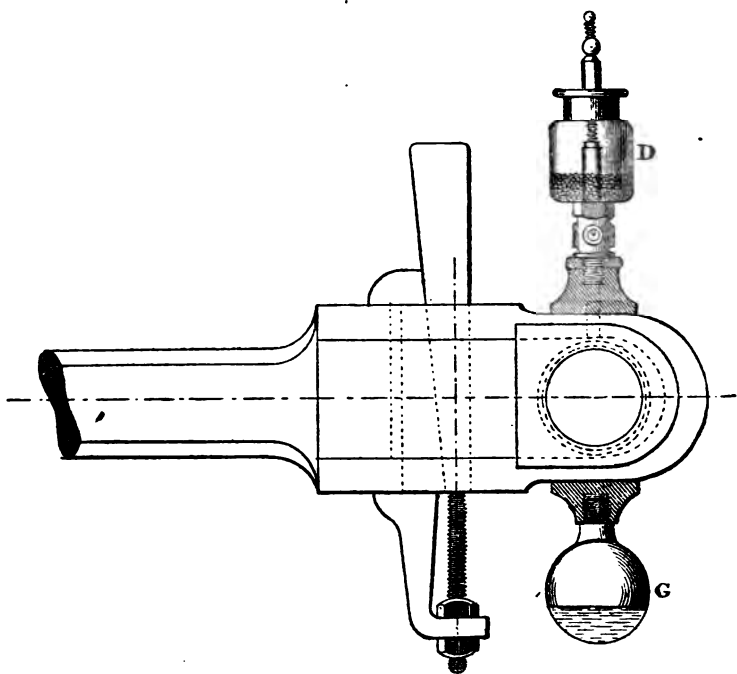


FIG. 25

dinaires puisqu'ils sont immobiles; la circulation de l'huile est surabondante puisqu'on la récupère, enfin la plus grande propreté est obtenue pour le mouvement des poulies folles comme pour tous les autres organes de machines.

**Têtes de bielles.** — Un godet à grenaille D (fig. 25) à compte-gouttes est vissé au-dessus du tourillon.

A l'aide des anneaux évacuateurs l'huile est évacuée et récupérée aux extrémités des coussinets du bouton de manivelle comme pour les tourillons des paliers ordinaires.

L'huile évacuée se rend dans le godet G' sous le bouton de manivelle et est recueillie journellement pour être filtrée.

Ici encore se trouve appliquée la circulation surabondante et à l'huile toujours pure.

**Glissières excentriques, etc.** — Pour les excentriques, glissières, pivots, etc., et pour tous autres organes de machines, les godets graisseurs à grenaille sont appliqués ; la récupération l'est également, à moins qu'il s'agisse d'organes si peu importants que la surabondance d'huile s'entende de fractions de grammes en 24 heures et que cette perte d'huile puisse être considérée comme négligeable.

**Graisseurs pour machines à vapeur.** — La forme des graisseurs de cette série est différente, mais la construction et le fonctionnement sont les mêmes que ceux des antiques graisseurs dits à boule à double robinet, dont l'usage, à cause de leur simplicité et malgré leur imperfection, est encore si général.

Tout en conservant à ces graisseurs leur simplicité, il s'agit de remédier : 1° à la perte de combustible et d'huile qu'ils occasionnent, toute la charge après chaque remplissage étant entraînée à l'échappement avec une



perte de 90 à 95 0/0 de l'effet utile ; 2° à la fréquence exagérée du graissage qui expose à des accidents en cas d'oubli et nécessite une main-d'œuvre et des soins assidus et coûteux. Quant à la perte de combustible, elle provient de l'augmentation de résistance et peut aller jusqu'à 20 0/0 pour les machines sans condensation. Pour ces machines, en effet, à chaque échappement, la vapeur sortant avec une extrême violence purge le cylindre de toute trace d'huile, de sorte que ces machines, graissées par intermittence, fonctionnent en réalité sans graissage, si ce n'est celui que produit naturellement la vapeur ; le graissage par la vapeur est suffisant pour éviter le grippage, étant donné surtout que tous les  $\frac{1}{4}$  ou  $\frac{1}{2}$  heure une quantité d'huile vient adoucir les surfaces.

Le préjudice causé par le graissage intermittent est moins grand pour les machines à condensation, parce que la condensation n'est plus la purge violente de l'échappement à l'air libre ; cette condensation à chaque coup de piston n'expulse qu'incomplètement l'huile du cylindre.

Comme preuve de la perte de force considérable que subissent les machines graissées par intermittence, surtout celles sans condensation, on observe que l'usure des segments et des cylindres pour ces machines est incomparablement plus grande que lorsque le graissage est continu : comme on est obligé, pour toute machine, afin que les segments du piston soient étanches à la vapeur, de produire un serrage de ces segments contre les parois du cylindre, ce serrage s'ajoute au défaut de graissage pour produire usure et perte de force dans une proportion considérable, étant donné que le mou-

vement moteur du piston est un mouvement alternatif, lequel oppose à la loi d'inertie un si grand obstacle qu'on évalue à 16 o/o du rendement théorique la perte pour frottement du mécanisme des machines à vapeur.

Pour rendre le débit de ces anciens graisseurs continu et réglable à volonté, le robinet inférieur R (fig. 26)

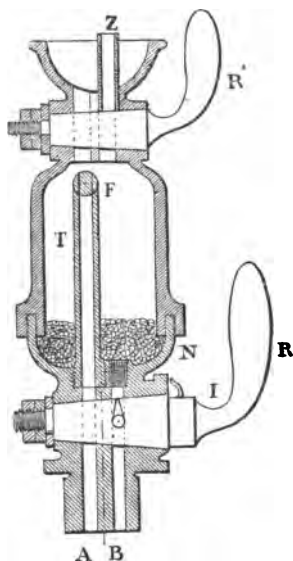


FIG. 26

est à double conduit A et B. Le conduit A est prolonge par le tube T fermé à son sommet, de manière à ce que la grenaille que contient le graisseur ne puisse passer dans aucun cas, tandis que la vapeur a son libre accès par les traits de scie ou FF'. C'est par ce conduit que la pression de la vapeur s'établit dans le graisseur.

L'écoulement de l'huile et de l'eau de condensation a lieu par le conduit B, muni à son sommet d'un obturateur formé d'une bande de toile métallique roulée qui laisse passer librement l'huile et retient la grenaille. L'huile et l'eau s'écoulent par leur propre poids, régulièrement en s'alternant, suivant que la vapeur est à une température plus ou moins élevée ou qu'elle est plus ou moins sèche. Avec le compte-gouttes des graisseurs de la série A, cette marche des liquides est visible.

L'eau de condensation plus lourde s'écoule la première, et il est remarquable qu'aucun arrêt dans le graissage ne puisse avoir lieu, même si l'orifice du débit était insuffisamment ouvert. En effet, le graisseur dans ce cas se remplit d'eau et l'huile, à mesure qu'il se remplit, s'écoule par le sommet du tube T, le graisseur fonctionnant alors comme les graisseurs ordinaires à condensation bien connus.

Le réglage du débit est obtenu en ouvrant plus ou moins le conduit B, à l'aide du robinet R, ainsi construit pour que la pression pénètre librement dans les graisseurs par le conduit A et le tube T, quelque faible que soit l'ouverture du conduit de débit B.

La grenaille qui remplit le cinquième environ de la capacité du graisseur est en plomb de numéro très fin. Elle est là pour assurer la continuité et la régularité du débit, grâce aux propriétés qu'elle possède aussi bien dans la vapeur qu'à l'air libre. Sans cette grenaille, on retombe dans la difficulté de réglage dont nous avons parlé, des orifices microscopiques et dans l'obstruction de ces orifices. La grenaille est en outre d'une grande utilité pour les locomotives, locomobiles, machines agricoles, etc., qui fonctionnent en plein air et reçoivent

des foyers à vapeur et des routes des grains de charbon ou de sable qui endommagent les tiroirs, cylindres et pistons; elle les préserve de toutes ces impuretés qui restent à sa surface dans le graisseur.

Le cadran N et l'aiguille I sur la clef du robinet R permettent de régler sans tâtonnement le débit du graisseur une fois qu'on est familiarisé avec la rapidité d'écoulement qui correspond aux divers degrés d'ouverture marqués sur le cadran.

On reconnaît que le débit est mal réglé lorsqu'au remplissage du graisseur on le retrouve plein. Dans ce cas, on le purge de l'eau qu'il contient en ouvrant un instant le robinet R; on le remplit ensuite d'huile et on le règle à nouveau.

Les deux conduits du robinet supérieur R' et le bout Z ont pour but de rendre le remplissage instantané et d'empêcher toute projection d'huile.

Il est à remarquer qu'à chaque remplissage la quantité d'huile au-dessus des fentes du tube T coule directement, par ce tube, de sorte qu'aux mises en marche la machine est graissée abondamment et que, par intermittence, elle reçoit une petite quantité d'huile supplémentaire qui ajoute à la sécurité et à la perfection du graissage.

**Série A à débit continu, réglable à volonté, et à compte-gouttes.** — Les graisseurs de cette série sont identiques à ceux de la série D comme fonctionnement. L'écoulement de l'huile et de l'eau de condensation s'aperçoit par la lunette U (fig. 27).

L'avantage de cette lunette compte-gouttes est d'éviter les tâtonnements d'un premier réglage et la néces-

sité pour un conducteur de machine d'être familiarisé avec son appareil. Elle permet de s'apercevoir de l'accumulation accidentelle de l'eau de condensation dans le graisseur, de la faire écouler en ouvrant complètement le robinet R et de rétablir en un instant le débit normal.

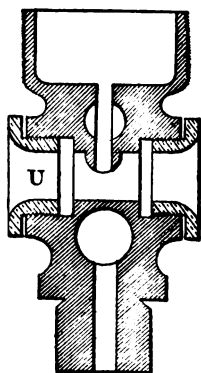


FIG. 27

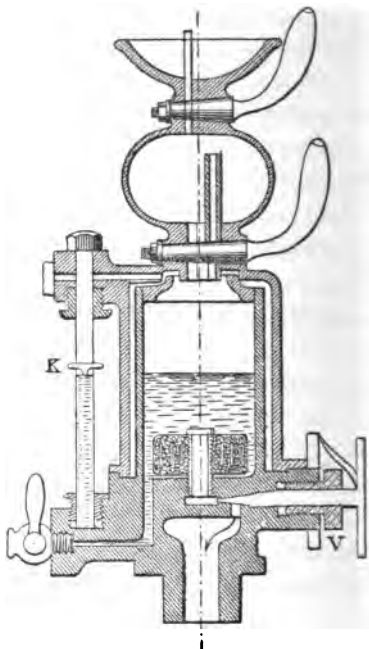


FIG. 28

**Série H à tube niveau extérieur.** — Pour les grandes machines pour lesquelles il s'agit de fournir de grandes quantités d'huile, les lunettes compte-gouttes n'ont plus leur raison d'être pour des débits ne s'effectuant plus goutte à goutte, mais à filet d'huile continu; ces

lunettes sont remplacées par des tubes-niveau comparables exactement aux tubes niveau des chaudières à vapeur.

Un index *k* (fig. 28) se manœuvre à la main le long de ce tube niveau ; il sert de point de repère qui permet de juger de l'écoulement de l'huile et de le régler.

On manœuvre, pour ouvrir ou fermer plus ou moins le débit, la valve V.

L'eau de condensation qui tendrait accidentellement à s'accumuler dans le graisseur s'aperçoit au tube niveau ; on l'évacue en un instant en ouvrant d'avantage la valve V.

**Graissage des roues de voitures, chars, etc.** — Le graissage des roues de voitures, chars, camions et autres véhicules dont les roues sont en mouvement autour de l'essieu immobile, n'a guère été perfectionné que pour les voitures de luxe auxquelles ont été appliqués plusieurs systèmes dits : essieux, patente ou demi-patente (du mot anglais *patent* qui signifie brevet) ; mais pour les véhicules plus lourds on ne connaît encore d'autre manière de les graisser que de démonter leurs roues et de recouvrir les fusées de graisse consistante.

On ne saurait imaginer le préjudice occasionné par ce mode de graissage, soit comme usure des essieux et des roues, soit surtout comme dépense en chevaux, à cause de l'augmentation considérable de résistance qu'entraîne l'insuffisance de cette lubrification que la présence des poussières des routes en contact avec la graisse consistante achève de rendre défectueuse.

Nous allons, en décrivant l'application qui a été faite des godets graisseurs à grenaille aux roues d'artillerie,

donner un exemple des cent formes diverses qui peuvent être créées suivant la nature, les proportions et l'usage des véhicules à graisser.

**Graisseurs pour roues d'artillerie.** — Les roues d'artillerie sont habituellement munies d'un marche-pied

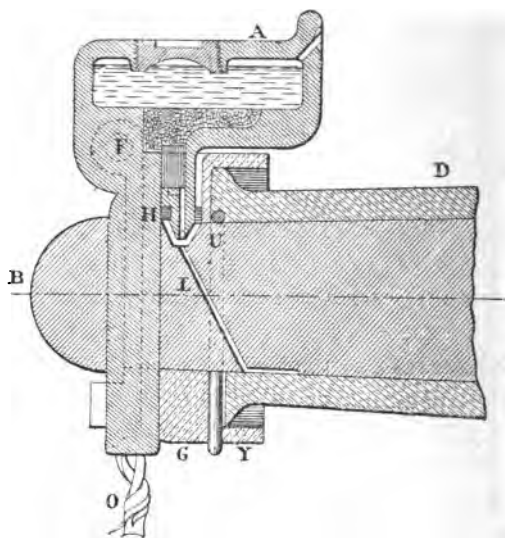


FIG. 29

A (fig. 29) emmanché dans le bout de la fusée B ; la boîte en bronze G butte contre la clef du marche-pieds ; c'est contre cette boîte que tourne le moyeu D de la roue. L'étrier annulaire (ou l'esse) qui s'ouvre, en décrivant un arc de cercle autour de l'axe F, et la lanière O qui le relie au marche-pied servent à empêcher que celui-ci ne se soulève et puisse se perdre.

La transformation qui a été appliquée consiste à fondre le marche-pieds creux et à en faire un godet du genre de ceux de la série A à grenaille de plombagine dont le débit est réglé par le numéro de la grenaille.

Grâce à la rondelle en cuir A dont est muni le têtôn qui amène l'huile au conduit L, ces godets marche-pieds

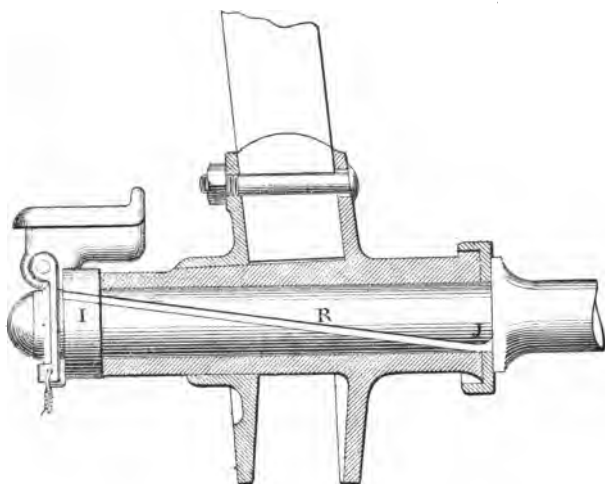


FIG. 30

peuvent avoir un jeu vertical et en tous sens de quelques millimètres, ce qui leur donne l'avantage d'être interchangeables.

La rondelle H sert de joint empêchant la poussière de s'introduire avec l'huile dans le conduit L. Ce conduit L amène celle-ci sous la fusée ; en temps d'arrêt, il se remplit d'huile, et à chaque départ la roue se trouve graissée surabondamment par cette quantité accumulée,



tandis qu'en marche normale le graissage est celui que produit le numéro de grenaille adopté.

L'huile arrivée sous la fusée la graisse d'un bout à l'autre par la seule forme conique qu'ont ces fusées ; pour les fusées qui n'ont pas cette conicité, on se contente de creuser une petite rainure R en hélice sur la fusée, partant au-dessus et de l'avant I, et aboutissant en J au-dessous et à l'arrière de cette fusée (fig. 30).

A ces roues il est utile d'appliquer l'évacuateur à anneau, tellement il est simple et efficace pour protéger les fusées et moyeux de l'action des poussières. Il consiste en un anneau U entourant la fusée contre la boîte G. Il est muni de l'appendice Y, qui l'empêche de tourner et sert de guide à l'évacuation de la poussière qui tend à pénétrer le long de la fusée.

Grâce à un petit plat fait sur le dessus de la fusée, près de la boîte G, on obtient qu'une faible partie de l'huile débitée par le godet atteigne l'anneau évacuateur ; cette huile suffit pour arrêter les poussières et les forcer à s'évacuer avec elle en suivant l'anneau évacuateur.

Le moins de jeu possible doit être laissé entre la fusée et le moyeu de la roue, longitudinalement et en tous sens.

Le bon graissage obtenu à l'aide de ces graisseurs à grenaille supprime l'usure ou tout au moins la rend très faible ; on peut d'ailleurs annuler le jeu qui peut se produire à la longue en interposant une rondelle entre la boîte G et l'extrémité du moyeu : c'est alors entre cette rondelle et le moyeu que doit se trouver l'anneau évacuateur.

**Boîtes de wagons de chemins de fer.** — Puisque les coussinets et fusées de wagons s'usent constamment, c'est qu'ils sont insuffisamment graissés. La perte de combustible sur les locomotives, la dénaturation et la perte d'huile qui sont la conséquence de cette usure, les accidents qui peuvent en résulter et qui nécessitent le remplacement des essieux, alors que la durée de leur service devrait être indéfinie, toutes ces raisons font

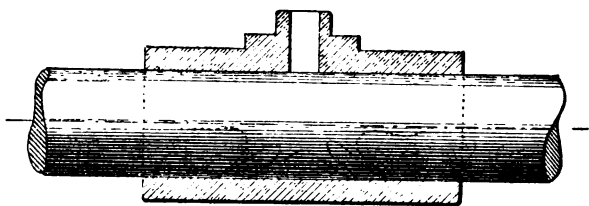


FIG. 31

de la question du graissage du matériel roulant des chemins de fer une question capitale pour les Compagnies.

Tout d'abord, pourquoi cette anomalie ? Pourquoi une fusée de wagon, le wagon étant à sa vitesse normale pour les trains à marchandises, s'use-t-elle <sup>1</sup>,

<sup>1</sup> Nous avons déjà cité la note parue dans la *Revue générale des Chemins de fer*, numéros d'avril, juillet et octobre 1885, par M. L. Salomon, ingénieur en chef de la Compagnie de l'Est, mentionnant, page 27, que l'usure courante des coussinets de wagons varie de 6 à 8 millimètres par deux années de marche pour les voitures à voyageurs et de 4 à 6 pour les voitures à marchandises.

L'usure des fusées elles-mêmes est plus difficilement appréciable, et on ne la trouve pas mentionnée sur les *Statistiques des Compagnies*; elle est proportionnelle à la dureté respective des métaux en frottements, coussinets et fusées, comme le prouvent les chiffres suivants. M. Asselin de 216,000 kilos de déchet d'huiles de boîtes de wagons traités industriellement à Paris, rue des Poissonniers, retire :

tandis que, pour une machine industrielle ordinaire, un tourillon subissant la même charge et animé de la même vitesse, ou même subissant une charge ou une vitesse incomparablement plus grande, fonctionne sans usure et avec une dépense minimum d'entretien, de force motrice, de lubrifiant ?

C'est que celui-ci ne présente aucune difficulté de graissage, tandis que pour la fusée de wagon les conditions requises pour un graissage irréprochable en quantité et en qualité de lubrifiant n'ont pu être appliquées, quelque efforts, et ils sont nombreux, qui aient été tentés dans ce but.

Et, en effet, un tourillon de palier ordinaire (fig. 31) reçoit l'huile, qu'elle soit fournie par un graisseur ou par un système d'aspiration capillaire, en quantité surabondante. Elle arrive en charge sur le tourillon ; dès lors, non seulement l'alimentation, mais encore l'interposition entre les surfaces sont, nous l'avons vu, facilement obtenues surabondantes. L'huile, quelque grande que soit la charge sur le tourillon par son propre poids, s'insinue entre les surfaces ; grâce à ce qu'elle est en charge, le mouvement de rotation ajoute son effet d'aspiration analogue à l'aspiration d'une pompe rotative ; enfin, par des rainures spéciales, comme nous l'avons fait, on aide puissamment à la surabondance de cette interposition ; avec la fusée de wagon, les conditions sont bien différentes.

Cette fusée (fig. 32) est graissée par le contact d'un tampon graisseur, formé du velours V, imbibé de

31,752 kilos de cuivre, soit 14,8 o/o, et 17,596 kilos de fer, soit 8,10 o/o. — (Voir sa note au Jury de l'Exposition de Barcelone 1888, page 8).

l'huile que contient le dessous de boîte A et que lui amènent par capillarité les mèches plongeantes B, tampon que des ressorts C maintiennent pressé contre le dessous de la fusée. L'huile ici, au lieu de s'insinuer par sa charge entre le coussinet et la fusée, tend au contraire, par cette charge, à retomber dans le dessous de boîte

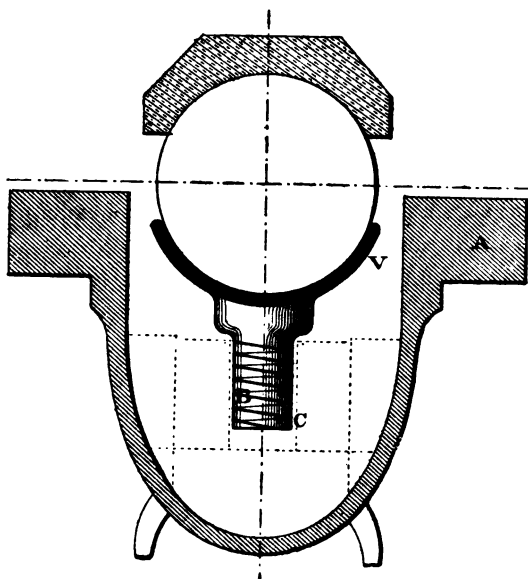


FIG. 32

sans graisser les surfaces ; l'effet d'aspiration n'existe pas ; enfin l'arrête du coussinet, véritable racloir, bien qu'elle soit arrondie ordinairement, élimine l'huile et l'empêche de s'interposer. L'interposition, au lieu d'être surabondante, est donc insuffisante.

Mais cette alimentation elle-même, par humectation

du dessous de la fusée, est-elle surabondante ? Si elle l'est au début, quand le tampon est neuf, elle devient bientôt insuffisante, le tampon perdant de plus en plus, et dès le premier jour de son fonctionnement, sa capillarité. Et en effet les mèches du tampon graisseur s'encrassent dans l'huile de plus en plus impure et dénaturée du dessous de boîte ; de leur côté les soies du velours qui touchent la fusée s'encrassent de plus en plus, par ce fait que la quantité d'huile qu'elles mettent en contact et en frottement autour de la fusée et que celle-ci leur prend et leur redonne indéfiniment est toujours la même, sans renouvellement. L'encrassement a donc lieu à la fois par le bas et par le haut du tampon, et cela beaucoup plus rapidement qu'on ne serait porté à le croire.

Il en est d'un tampon comme d'une mèche de lampe à huile qui charbone, pour peu que celle-ci ait été mal épurée ou soit restée soumise quelque temps aux poussières des appartements ; l'encrassement de cette mèche se produit alors même que la limpidité de l'huile ne paraît à l'œil nullement altérée ; or l'huile s'altère dans les dessous de boîte, non seulement du fait de la dénaturation due au frottement, qui ne peut être évitée, mais encore et surtout du fait de l'usure des surfaces que nous savons être constantes, du fait enfin des poussières qui pénètrent dans la boîte.

Remarquons que, pour qu'il y ait encrassement du tampon, il faut qu'il y ait obstruction des conduits tubulaires microscopiques qui constituent la structure capillaire des fibres ; l'encrassement d'une fibre dépend de l'état physique du liquide qu'elle aspire et non de sa composition chimique qui peut être quelconque

sans aucunement modifier son pouvoir capillaire d'aspiration. Les deux états physiques qui influent directement sur ce pouvoir capillaire d'aspiration et sur la durée ou continuité de ce pouvoir sont, pour l'huile, son degré de fluidité et la quantité plus ou moins grande, ainsi que la qualité plus ou moins ténue des impuretés solides qu'elle contient en suspension. Plus la fluidité et la volatilité d'un liquide sont grandes et plus grande et rapide est son absorption capillaire par les fibres ; c'est ainsi qu'en un instant une essence

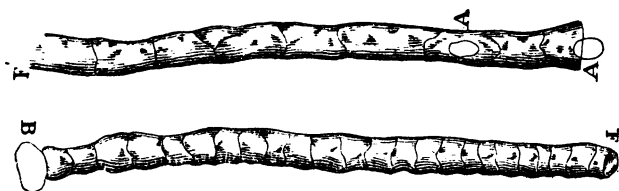


FIG. 33

s'élève dans la mèche d'une lampe à pétrole par exemple ; pour l'huile, la viscosité est un obstacle à la rapidité et à la quantité d'aspiration des tampons ; quant aux impuretés contenues dans l'huile, plus ces impuretés sont ténues et plus vite les tampons graisseurs sont encrassés et perdent leur capillarité.

Soient F, F' (fig. 33) deux fibres du tampon et A, B, deux impuretés : la plus grosse B, si elle se présente à l'orifice de la fibre, ne peut entrer et retombe dans le dessous de boîte où elle a chance de se déposer par décantation, tandis qu'il suffit de quelques impuretés, comme l'impureté A moins grosse, qui pénètrent dans les conduits capillaires pour les boucher, étant donné

surtout les angles, les sinuosités, les étranglements de ces conduits, enfin leur longueur insuffisante qui fait que les fibres, au lieu d'amener directement l'huile des dessous de boîte à la fusée, ne peuvent que se la passer de l'une à l'autre et de proche en proche jusqu'au sommet du tampon.

Ce sont les impuretés les plus ténues qui encrassent le plus vite les boîtes, les tampons, et ce sont justement celles qui pénètrent le plus facilement dans les boîtes, ce sont des particules infiniment petites que l'usure du bronze et du fer envoie dans l'huile.

L'encrassement constant des tampons et le défaut d'alimentation entraînent le défaut d'interposition, et réciproquement le défaut d'interposition entraîne le défaut d'alimentation; le défaut enfin d'obturation des boîtes entraîne et l'insuffisance d'alimentation et l'insuffisance d'interposition. Ce sont là des difficultés qui s'enchaînent et qui montrent qu'à moins de tomber dans un cercle vicieux on ne peut les résoudre l'une sans l'autre, qu'il faut que la surabondance d'alimentation, la surabondance d'interposition et la complète obturation des boîtes soient obtenues simultanément.

Cette obturation, dont nous n'avons pas encore parlé, est insuffisante avec les boîtes actuelles. Comme obturateur on se sert de rondelles en bois, en cuir ou en feutre, logées dans un évidement de la boîte, à l'arrière de la fusée, tout autour de l'essieu. Elles ne suffisent pas à obturer les boîtes, car ou bien elles sont sèches et promptement usées par la rotation de l'essieu, et le jeu qu'elles laissent autour de lui, malgré les ressorts dont on les munit, augmente de plus en plus; ou bien on les laisse s'imbiber de l'huile du dessous de boîte et

dans ce cas on tombe dans un autre inconvénient non moins grand que le premier ; l'essieu qui s'imprègne constamment de l'huile du dessous de boîte l'évacue, de sorte que celui-ci se vide peu à peu de sa provision d'huile.

En résumé, produire l'alimentation et l'interposition surabondante sans encrassement du tampon, obtenir la parfaite obturation des boîtes, telle est la triple difficulté qu'il s'agit de résoudre ; on conçoit qu'elle n'ait pu être surmontée sans beaucoup d'études et beaucoup d'essais et sans un travail et des efforts persévérants.

En présence des étonnants résultats qu'ont donné les appareils et la méthode que nous avons décrits, partout où des difficultés de graissage se sont présentées, les mêmes procédés ont été appliqués à résoudre le problème de graissage des fusées de wagon. A cet effet on a réalisé dans les boîtes :

1° L'alimentation surabondante, en empêchant par la filtration automatique de l'huile tout encrassement des mèches plongeantes des tampons, en maintenant par conséquent toujours leur pouvoir d'absorption capillaire ;

2° L'interposition surabondante de l'huile entre la fusée et le coussinet, par la forme de ce coussinet ;

3° La circulation et le renouvellement de l'huile à travers le tampon et autour de la fusée, afin d'éviter la dénaturation de l'huile, faute de renouvellement, et l'encrassement des fibres du velours en contact avec la fusée, et parce que la filtration de l'huile ne peut avoir lieu dans le dessous de boîte qu'autant qu'elle est en circulation, en évacuant l'huile automatiquement et constamment hors de la fusée, comme nous l'avons vu pour les tourillons des paliers ordinaires ;

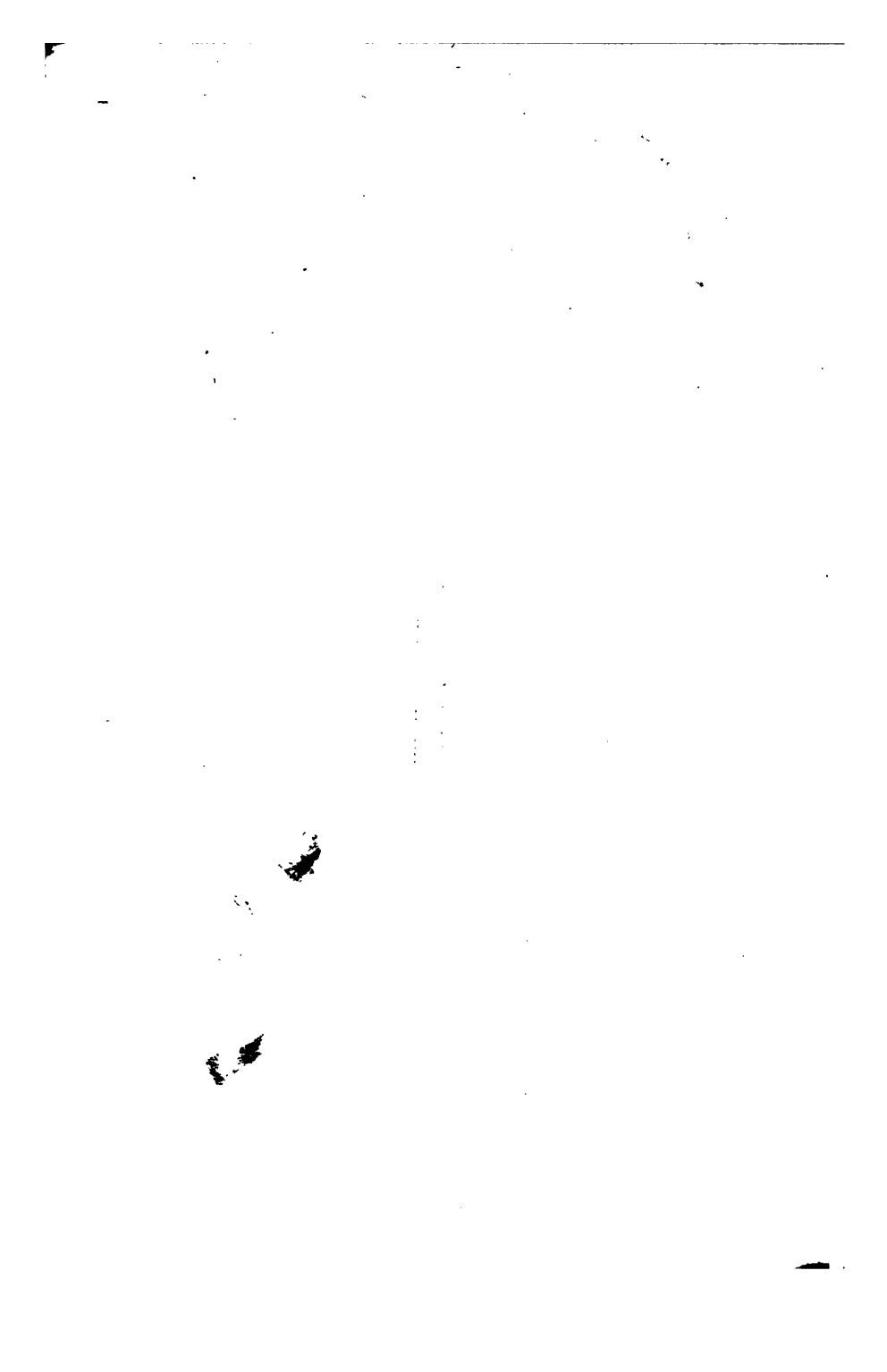


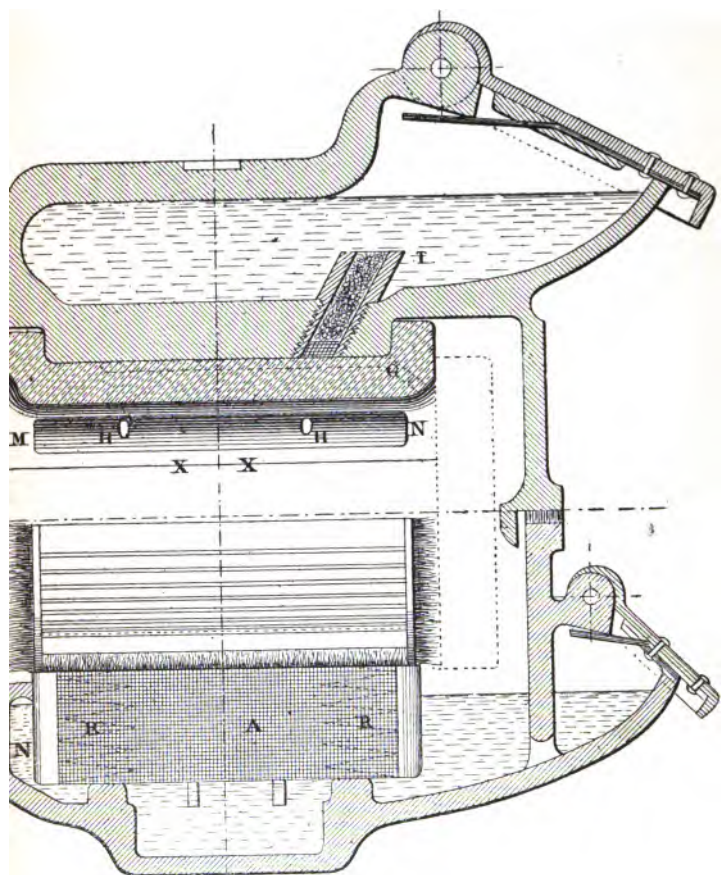
4° Enfin l'obtention complète des boîtes, par les modifications à l'intérieur, des modifications rendent insignifiante la quantité de poussière qui pénètre dans les boîtes; en outre les modifications empêchent la poussière de pénétrer que dans la partie la plus basse du dessous de boîte et en se dégageant de sorte qu'elle tend à ne jamais soulever la masse de l'huile; d'ailleurs les filtres à plombagine sont là qui opposent une barrière infranchissable à toute impureté qui tendrait à atteindre les machines plongées du mercure.

Avant de lire la description des boîtes transformées on est en droit, en face de résultats si multiples, de douter *a priori* que leur réalisation soit possible; tout au moins est-on fondé de croire qu'elle ne saurait être simple et pratique. Ici, comme nous l'avons fait déjà au sujet des appareils à grenaille en général, nous nous contenterons, pour prouver que cette réalisation est simple et pratique, d'en appeler au vrai et sûr baromètre de la simplicité, le bon marché.

A vrai dire, rien n'est changé aux anciennes boîtes, rien ou presque rien ne leur est ajouté: la forme des coussinets un peu modifiée, l'adjonction d'une boîte en fer-blanc contenant de la grenaille de plombagine, voilà à quoi se borne une transformation appelée à donner de si grands avantages.

Si nous comparons ces avantages aux frais de transformation, nous avons: d'un côté une forme un peu différente du coussinet, obtenue sans frais supplémentaires au moulage, l'adjonction dans le dessous de boîte d'une boîte-filtre en fer-blanc d'une très faible valeur, enfin 6 à 12 centimes de plombagine à renouveler tous les deux à cinq ans dans ces boîtes; de l'autre côté, la





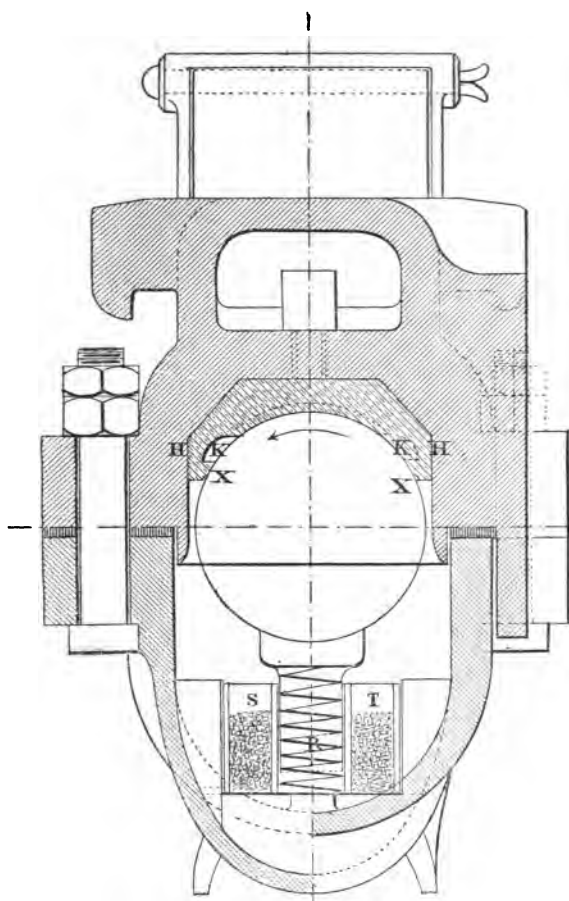
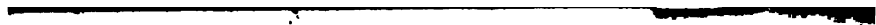


FIG.



boite, quelle que soit sa forme, restant la même, le tampon ne changeant pas et pouvant même être réduit comme poids et dimensions, la durée de ces tampons triple ou quadruple de celle des anciens tampons, la visite des boîtes n'ayant plus lieu qu'à des intervalles trois ou quatre fois plus grands ; l'usure des coussinets et des fusées, leur remplacement supprimé ; les causes d'accidents dans l'avenir écartées ; les frais d'entretien, la dépréciation du matériel, les visites et les nettoyages des boîtes, les frais d'approvisionnement, de manutention de l'huile et des tampons, la surveillance et le contrôle, enfin les frais généraux considérablement diminués, une économie considérable de charbon et d'huile, l'économie maximum qu'il soit possible d'obtenir de l'un et de l'autre, devrions-nous dire, tel est dans le bilan qui nous occupe le passif et l'actif qu'on peut mettre en parallèle ; nous laisserons les statistiques officielles des compagnies fournir des chiffres exacts pour toutes ces quantités que nous ne pouvons ici que signaler.

**Description des boîtes transformées à circulation surabondante d'huile toujours pure.** — Les résultats que donne l'emploi de la plombagine comme préservation des mèches du tampon de l'encrassement sont dus aux propriétés étonnamment filtrantes qu'elle possède. Une couche de plombagine de 15 millimètres seulement est plus que suffisante pour assurer la filtration et la purification de l'huile des boîtes de wagon de la manière la plus satisfaisante.

Il est vrai de dire que dans ces boîtes la décantation a lieu préalablement à la filtration et que les filtres sont

établis dans les conditions les plus favorables à cette décantation préalable ; il est encore vrai que, les causes de l'encrassement de l'huile ayant presque complètement disparu, puisque l'usure des surfaces et l'introduction des poussières sont évitées, la dénaturation de cette huile se trouve réduite au minimum. C'est à cette absence complète de tout corps étranger entre les surfaces frottantes qu'il faut attribuer l'économie d'huile extraordinaire que procurent tous les engins à circulation surabondante auxquels la purification de l'huile au fur et à mesure de son encrassement est appliquée. Et en effet, quand on laisse la même quantité d'huile circuler indéfiniment sans purification, sa dénaturation a lieu en suivant une progression géométrique, c'est-à-dire au moins quatre fois plus coûteuse<sup>1</sup>.

Dans la boîte de wagon (fig. 34 et 35) se trouve installée, de façon à pouvoir se déplacer latéralement, la boîte-filtre A divisée en trois compartiments S, I, T, séparés les uns des autres par les cloisons P, P', en toile métallique. Les cloisons extérieures P'', P''' sont aussi en toile métallique. Dans le compartiment central I plongent les mèches du tampon et contre le fond de ce compartiment appuient les ressorts R, R' qui le pressent contre la fusée ; dans les compartiments latéraux S, T, se trouve la grenaille de plombagine. L'huile, qui se décante à son aise tout autour de la boîte, pénètre latéralement la grenaille pour atteindre les mèches du tampon, son niveau est égal partout dans le dessous de boîte, dans la boîte-filtre, comme hors de cette boîte,

<sup>1</sup> Cette économie d'huile, avec les engins à purification automatique de l'huile, est de 50 à 60 o/o pour les machines industrielles ; elle est de 60 à 80 o/o pour les fusées de wagon.

les surfaces filtrantes ayant une étendue suffisante pour livrer instantanément passage à l'huile en circulation

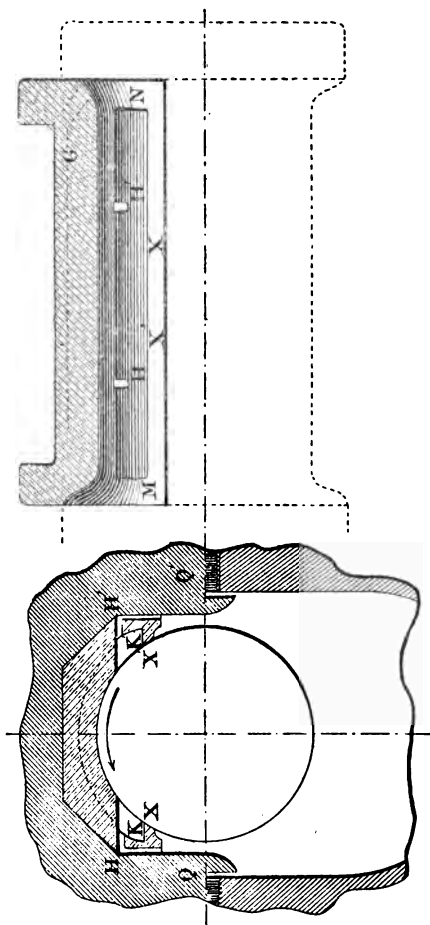


FIG. 35

qui s'écoule dans le dessous de boîte par les orifices H, H, du coussinet.



La circulation est d'environ 1 à 2 litres en 24 heures de marche de l'essieu suivant sa vitesse, c'est-à-dire que la quantité d'huile de 1 litre que contient ordinairement un dessous de boîte se renouvelle une ou deux fois en 24 heures. Le tampon fournit autant d'huile que lui en prend la fusée, ce n'est pas lui qui limite la circulation; elle dépend de la position plus ou moins surélevée au-dessus du fond des évidements K, K' des orifices évacuateurs H, H' du coussinet.

Voici comment se produisent soit l'évacuation, soit l'interposition surabondantes par la seule forme donnée au coussinet. Les évidements K, K' sont laissés au moulage le long du coussinet sur presque toute la longueur de la fusée, mais n'atteignent pas toutefois les points extrêmes M, N où commencent les épaulements. Ces évidements forment des chambres qui seraient entièrement closes si elles ne communiquaient avec l'extérieur du coussinet par un ou deux orifices H, H'. L'évidement K, à l'avant du coussinet, regorge d'huile; celle-ci s'échappe en déversoir par les orifices évacuateurs H, H', qui débouchent entre la paroi intérieure Q de la boîte de wagon, de sorte que l'huile évacuée suit cette paroi en s'écoulant dans le dessous de boîte, sans risquer d'atteindre le tampon. Ainsi se trouve établie la circulation de l'huile plus ou moins abondamment suivant que les orifices H, H', étant plus ou moins surélevés au-dessus du fond de l'évidement K, l'huile se déverse plus ou moins rapidement par ces orifices.

L'interposition surabondante de son côté est obtenue grâce à ces mêmes évidements K', K. L'évidement K' à l'arrière, du côté de l'alimentation, est un introducteur

de l'huile du tampon que lui apporte la fusée. Cette huile pénètre facilement dans cet évidement, malgré la bande du coussinet  $x'$  qu'elle a à franchir à cause de la pression minimum qui s'exerce sur les côtés du coussinet <sup>1</sup>, c'est-à-dire sur la longueur de cette bande. Une fois arrivée à l'évidement  $K'$ , elle est forcée de s'insinuer entre les surfaces qu'il s'agit de graisser, à cause du mouvement de rotation de l'essieu. En effet, l'arête, à l'intérieur de cet évidement, sur la ligne d'introduction de l'huile entre les surfaces, supporte une forte pression; elle tend bien à former racloir et à s'opposer à l'interposition de l'huile, et cependant celle-ci ne peut ni revenir en arrière, ni foisonner à l'intérieur de l'évidement  $K'$ , ni s'échapper par les orifices  $H'$ , comme cela aurait lieu si cet évidement regorgeait d'huile. Pourquoi? parce qu'à cause du mouvement en avant de la fusée, il se produit un effet d'aspiration pneumatique très énergique qui tend à faire le vide dans la chambre  $K'$ . La forme de cette chambre offre un angle aigu sur la ligne d'interposition de l'huile entre les surfaces; ce biseau facilite encore l'aspiration pneumatique.

Ainsi se trouve réalisée l'interposition surabondante de l'huile fournie par le tampon entre les surfaces qu'il s'agit de graisser.

Remarquons que les surfaces frottantes restent dans ces coussinets entièrement exemptes de pattes d'araignées, sur toute la longueur de la fusée; les compagnies ont été amenées à les supprimer après un grand nombre

<sup>1</sup> Voir page 511, *Note sur l'emploi comparé des huiles pour le graissage du matériel roulant*, par M. Salomon, ingénieur en chef de la Compagnie de l'Est, déjà citée.

d'expériences qui ont démontré leurs inconvénients <sup>1</sup>.

On ne peut assimiler les chambres K, K' à des pattes d'araignées, puisqu'elles existent en dehors des surfaces frottantes des coussinets, celles-ci continuant à être égales au tiers de la circonférence de la fusée, de l'évidement K à l'évidement K', arc qu'il a été reconnu avantageux de laisser comme surfaces ; quant aux bandes de coussinets  $xx'$ , elles ne peuvent être considérées comme surfaces frottantes proprement dites à cause de la faible pression qu'elles supportent. Dans la construction de ces coussinets on peut bénéficier des avantages des métaux mous meilleurs répartiteurs de la charge que le bronze, et pour cela fondre en bronze le corps du coussinet y compris les bandes  $xx'$  et en métal blanc le milieu de l'arc central qui supporte la pression et le frottement.

Nous n'avons pas besoin d'ajouter que le wagon peut

<sup>1</sup> Cette explication de la façon dont s'opère l'interposition, nous la croyons juste ; nous pouvons cependant nous tromper comme il arrive si souvent chaque fois qu'il faut remonter des effets aux causes ; ce que nous retiendrons seulement ce sont ces effets, c'est le résultat obtenu d'interposition surabondante de l'huile entre la fusée et son coussinet. Ce résultat est observé expérimentalement en faisant tourner à nu une fusée et en reproduisant toutes les conditions de forme et de dimensions de charge et de vitesse des essieux de wagons.

Ce que nous n'avons pu reproduire ce sont les chocs, les trépidations et les balancements verticaux des wagons sur les fusées, mais ces déplacements, loin d'ajouter à la difficulté d'interposition de l'huile, la facilitent énormément, et nous doutons que, sans les ressorts de suspension des voitures auxquels sont dûs ces déplacements, et si l'on essayait de supprimer toute élasticité de la charge sur les fusées, le graissage des wagons soit possible ; la résistance, l'usure des fusées et des coussinets seraient si grandes qu'il serait probablement impossible ou tout au moins très difficile de faire rouler le matériel des chemins de fer.

rouler dans un sens ou dans l'autre, les deux côtés des coussinets étant symétriques.

**Description des obturateurs à anneaux.** — Pour obtenir facilement une boîte d'essieu, il s'agit d'éviter l'une ou l'autre alternative dont nous avons parlé plus haut, qui sont : ou d'obturer à sec et de voir l'obturateur s'user rapidement et d'ailleurs mal obturer à tous les points de vue, ou d'obturer avec une matière spongieuse s'imbibant de l'huile du dessous de boîte, et dans ce cas l'obturation est sans doute bien meilleure mais occasionne l'entraînement rapide de la provision d'huile hors de la boîte.

Pour obtenir cette obturation par rondelles spongieuses gonflées d'huile du dessous de boîte et cependant sans perte d'huile, nous employons : trois rondelles clouées les unes aux autres, l'une en feutre du côté de l'intérieur de la boîte, l'autre en cuir, naturel ou artificiel, du côté de l'extérieur, la troisième au centre, entre les deux premières, en bois, ou encore deux rondelles seulement, l'une en feutre du côté de l'intérieur, l'autre en bois. Elles plongent dans l'huile du dessous de boîte grâce à ce que le logement de l'obturateur communique avec celui-ci. La rondelle en bois porte la gorge U (fig. 36), creusée dans son épaisseur tout autour de l'essieu, et dans cette gorge se trouve l'anneau évacuateur ordinaire I formé simplement d'un fil de laiton de 3 à 4 millimètres de diamètre entourant l'essieu ; ses deux extrémités recourbées P s'engagent dans le trou évacuateur situé à la partie inférieure de la rondelle centrale ; elles évacuent l'huile et empêchent l'anneau de tourner. Voici ce

qui se produit à la marche : la rondelle en bois ou en cuir se gonfle d'huile ; mais, n'étant pas capillaire,

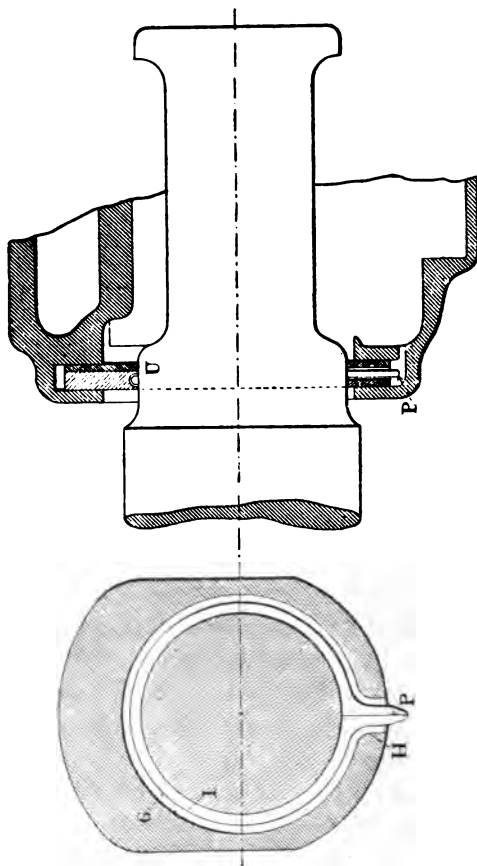


Fig. 36

elle se contente d'obturer sans entrainer l'huile hors de la boîte ; au contraire, la rondelle intérieure en

feutre, étant spongieuse et capillaire, monte l'huile à l'essieu, mais cette huile ne sort pas de la boîte, grâce à l'anneau évacuateur qui l'oblige à redescendre dans le dessous de boîte. La rondelle en bois ou en cuir de l'extérieur étant gonflée d'huile obture très bien ; quant au peu de poussière qui pénètre malgré l'obstacle qu'elle oppose, il rencontre l'anneau chargé d'huile et est forcé de descendre avec cette huile dans le dessous de boîte sans avoir pu atteindre les surfaces frottantes, ces surfaces étant protégées doublement par l'anneau évacuateur d'abord, ensuite par la rondelle intérieure en feutre qui fait un joint hermétique. Cette poussière arrive toute décantée au fond du dessous de boîte et s'y dépose sans risquer d'encrasser les mèches du tampon, protégées du reste par le filtre à plombagine.

En résumé, l'évacuateur à anneau et la rondelle intérieure en feutre ont pour résultat : de maintenir gras et gonflé d'huile l'obturateur de façon à produire une obturation parfaite, d'empêcher que les grains de sable ou de poussière n'atteignent jamais les surfaces frottantes, d'empêcher toute perte d'huile hors de la boîte, enfin de forcer le peu de poussière qui pénètre à se décanter en pénétrant dans la partie la plus basse du dessous de boîte et de rester ainsi éloignée des mèches du tampon qu'elles ne peuvent encrasser.

**Graisseurs à grenaille spéciaux pour locomotives, perte de combustible due au graissage intermittent actuellement en usage.** — On peut, quand il s'agit d'organes à graisser, comme les glissières, bielles, excentriques, etc., des locomotives, qui demandent toujours le même graissage, se servir utilement des graisseurs série A, à

débit fixe, réglés par le numéro de la grenaille, tel le type en bronze à fermeture système Rous, dont nous avons donné le dessin (fig. 17), tel encore le graisseur pour tiroir et cylindres de locomotives (fig. 18) qui diffère des séries courantes précédemment décrites en ce que le réglage du débit n'est plus à faire par le conducteur de la machine, mais qu'il est établi d'avance par le numéro de la grenaille et la section de l'obturateur.

Ces graisseurs offrent le grand avantage d'une grande invariabilité et d'une grande sécurité de débit et ils empêchent en outre les grains de sable ou de charbon de pénétrer avec l'huile sur les tourillons ou dans les cylindres et tiroirs auxquels ils causeraient un dommage considérable.

Au sujet du graissage des cylindres de locomotives, ainsi que nous l'avons dit précédemment, l'augmentation de résistance et la perte de combustible occasionnées par le graissage intermittent pour les machines sans condensation sont dus à ce qu'à chaque échappement la purge des cylindres s'effectue avec une telle violence que toute trace d'huile disparaît de ces cylindres. C'est ce qui a lieu si l'on purge le fond du graisseur lui-même, en ouvrant le robinet du haut brusquement après fermeture du robinet inférieur; si, comme on le constate, toute l'huile est violemment projetée, avec combien plus d'énergie a lieu à chaque échappement l'expulsion de toute celle contenue dans le cylindre d'une machine.

On peut conclure que les cylindres de locomotives graissés avec le graisseur intermittent ordinaire à double robinet, fonctionnent en réalité sans graissage, l'introduction de 30 à 40 grammes d'huile tous les  $1/4$

ou 1/2 heure du système actuel ayant surtout pour résultat utile d'adoucir périodiquement les surfaces, de prévenir un grippage qui sans cela finirait par se produire à la longue. Nous lisons, tome IV page 33 de la *Revue générale des chemins de fer*, ce fait inconcevable qu'à la Compagnie de Lyon, un écart de 20 o/o entre la dépense de combustible des meilleurs mécaniciens et celle de moins bons est constaté.

Il est impossible qu'un tel écart dépende uniquement de la manière de conduire le feu et, en effet, c'est dans la proportion de 5 à 10 o/o seulement que, pour les machines fixes à graissage continu, les soins et l'habileté du chauffeur font ordinairement économiser le charbon; l'écart dont il s'agit, nous l'attribuons à la fréquence et à l'intelligence avec laquelle est effectué le graissage, d'autant plus que certains mécaniciens savent se servir sur les locomotives de leur graisseur à double robinet, de façon, sinon à rendre le débit de l'huile continu, du moins à éviter qu'il ne se vide d'un seul coup. Comme confirmation nous rappellerons la rapidité avec laquelle s'usent les segments des pistons, alors que leur durée en parfaite conservation devrait être indéfinie si le graissage était surabondant. On peut d'ailleurs, en comparant l'usure des cylindres et pistons de locomotives des mécaniciens faisant dépenser 20 o/o de plus de combustible à celle qui se produit quand les machines sont conduites par les meilleurs mécaniciens, reconnaître que cette usure est d'autant plus forte que la dépense de charbon a été plus grande; il faut bien en conclure que l'écart dans la dépense de charbon a pour point de départ le bon ou le mauvais graissage des cylindres.



Nous évaluons à 10 ou 15 0/0 la perte de charbon pour les locomotives graissées par intermittence ; cette perte s'ajoute à la différence entre le rendement théorique et le rendement pratique des machines à vapeur en général. Cette différence quelle est-elle ? Pour quelle part les frottements entrent-ils dans cette différence, et peut-on la diminuer ?

En un tableau synoptique M. G. Marié, à la fin d'un remarquable travail sur les *Progrès futurs de la locomotive*<sup>1</sup>, résumait les causes de l'écart entre les rendements théorique et pratique des machines à vapeur ainsi que les remèdes qui pourraient être apportés pour les faire disparaître. Comparées aux machines fixes les plus remarquables, celles de MM. Farcot ou Weyher et Richemond par exemple, les machines locomotives ont un rendement à peine inférieur ; pour les unes comme pour les autres, le rendement pratique du générateur est le 65 0/0 du rendement théorique et le rendement pratique du mécanisme de la machine est le 62 0/0 du rendement théorique. Pour le mécanisme, la perte est donc de 38 0/0, tant pour les machines Weyher et Richemond ou Farcot que pour les machines locomotives. M. G. Marié décompose ainsi cette perte : 22 0/0, dit-il, doivent être attribués à l'insuffisance de la détente, à la contrepression, à l'étranglement de l'admission, à l'eau entraînée, à la condensation, à l'imperfection de la distribution, etc., et 16 0/0 aux frottements et à la résistance du mécanisme. Il cherche par quel moyen on peut réduire cette dernière perte, et il n'en trouve pas d'autre que d'améliorer le graissage ; il est

<sup>1</sup> Page 35, tome IV de la *Revue générale des Chemins de fer*.

vrai qu'il ne croit pas cette amélioration possible, puisqu'il conclut en disant qu'il y a bien peu à espérer de ce côté-là.

Et cependant, pourquoi le mécanisme d'une machine à vapeur offre-t-il en frottements plus de perte qu'une machine quelconque ? Les machines industrielles non à vapeur ne perdent en résistance de frottement, lorsqu'elles sont bien graissées, que 5 o/o en moyenne; d'autre part, ces mêmes machines, quand elles sont mal construites comme graissage ou mal entretenues, voient cette résistance de frottement doubler, tripler et décupler enfin, au point qu'elles ne peuvent plus démarrer lorsque le défaut de graissage est exagéré.

Il faut donc *a priori* que ce soit, pour les machines à vapeur comme pour les machines industrielles, le défaut de graissage qui élève ainsi cette perte au-dessus de 5 o/o et la porte à 16 o/o. Le mouvement du piston moteur est alternatif dans la machine à vapeur, et de toutes les formes de mouvement le mouvement alternatif est celui qui présente le plus grand obstacle à la loi d'inertie ; or le piston (en négligeant les autres points d'application de la résistance, le bouton de manivelle et les glissières, parce qu'ils sont d'ailleurs bien graissés et entrent pour bien peu de chose dans cette résistance) non seulement est alternatif comme mouvement, mais il reçoit en outre une résistance inusitée et considérable augmentant énormément l'obstacle à la loi d'inertie ; cette résistance est la pression nécessitée pour rendre parfaitement étanches à la vapeur les surfaces, sur toute l'étendue de leur frottement, soit du piston et du cylindre, soit de la tige du piston et de la garniture de son presse-étoupe.

Telle est la cause de la plus grande résistance du mécanisme des machines à vapeur, telle est l'explication, soit de l'écart de 16 0 0 entre leur rendement théorique et leur rendement pratique du fait des frottements, soit de celui de 5 à 16 0 0 entre la perte en frottement pour les machines industrielles et pour les machines à vapeur. Peut-on les diminuer ?

Nous savons qu'une interposition surabondante de lubrifiant entre les surfaces frottantes, quelles qu'elles soient, annule presque complètement la résistance de frottement : s'il est évident, à cause des joints à maintenir étanches à la vapeur, qu'on ne saurait en pratique réaliser cette interposition entre les surfaces du piston et du cylindre des machines à vapeur, il n'en est pas moins vrai que ces surfaces doivent être maintenues graissées le plus possible, que l'admission de l'huile doit être continue et très abondante. Faute de graissage (et le défaut de graissage est révélé pour les locomotives du fait de l'usure rapide des garnitures de pistons), les segments des pistons et des presse-étoupes constituent de véritables freins d'une grande énergie, ajoutant au mouvement alternatif, déjà si défectueux, un accroissement de résistance bien supérieur dans la pratique aux 16 0 0 admis comme minimum.

Il résulte de cette discussion :

1° Que l'interposition du lubrifiant entre les surfaces du piston et du cylindre, si on pouvait l'obtenir surabondante, annulerait presque complètement la différence de 16 0 0, due aux frottements, entre le rendement théorique et le rendement pratique des machines à vapeur ;

2° Qu'en pratique, à cause des joints à maintenir

étanches à la vapeur, sur toute l'étendue de ces surfaces, et à cause d'ailleurs de la forme de ces surfaces, l'interposition surabondante ne peut être obtenue, mais que la continuité et l'abondance du graissage réduisent cette perte ;

3° Que le graissage par intermittence augmente beaucoup cette perte, et que le plus ou moins de continuité que chaque mécanicien de locomotive applique au graissage de sa machine explique l'écart de 20 o/o constaté dans la consommation du charbon, suivant le plus ou moins d'habileté du mécanicien, étant donné que sa manière de conduire le feu n'entre, comme pour les machines fixes, que pour 5 à 10 o/o tout au plus dans cet écart ;

4° Enfin qu'avec les graisseurs intermittents il se produit, même avec les meilleurs mécaniciens, une perte de force motrice, et partant de combustible, qui doit être considérable, que l'usure des garnitures du piston révèle et que la continuité et une plus grande abondance de graissage peuvent seules faire cesser.

**Usure des joues des coussinets, ses causes, moyen de l'éviter.** — L'usure des joues des coussinets d'essieu est due aux mouvements de déplacement latéral des wagons. Ces mouvements de lacets ont lieu d'une façon continue, même lorsque la voie est droite ; mais l'usure se produit surtout aux courbes, parce que les wagons exercent une bien plus forte pression contre les collets des fusées.

Les joues des coussinets devraient donc être graissées plus abondamment et justement elles le sont fort peu et moins que le reste de la fusée. C'est la forme arron-

die donnée généralement à l'épaulement des collets qui est cause de ce défaut de graissage voir ces collets, fig. 36. La force centrifuge tend en effet à projeter à l'extérieur tout ce qui se trouve à la surface d'un tourillon en mouvement : elle accumule l'huile aux points où le diamètre est le plus grand, c'est-à-dire à la génératrice des collets, si la forme arrondie de l'angle sert de pente à cette projection centrifuge ; il se produit alors invinciblement l'évacuation de l'huile hors des surfaces latérales (ou joues, des coussinets qui, nous l'avons dit, demanderaient à être plus abondamment graissées. L'huile projetée violemment de la génératrice des collets contre les parois intérieures de la boîte retombe dans le dessous de boîte en s'altérant sous l'action de ce fouettement en présence de l'air.

Le remède à ce vice de construction est bien simple, il consiste à supprimer l'arrondi de l'épaulement des collets et à le remplacer par un angle droit, comme dans la boîte américaine. Pour éviter l'inconvénient de l'arête trop vive des coussinets dans les épaulements, on peut l'abattre et l'arrondir légèrement, mais en laissant aigu l'angle intérieur des collets sur la fusée ; le vide laissé ainsi tout autour de celle-ci au fond de ces angles se remplit d'huile et favorise le graissage des surfaces latérales des coussinets.

**Utilité d'un réservoir d'huile dans le dessus de boîte pour les locomotives.** — Pour le graissage des essieux de locomotives, qui supportent une charge beaucoup plus forte que les essieux de wagon, les mêmes perfectionnements que nous venons de décrire au sujet des boîtes de wagon assureraient probablement le bon

graissage, et le graissage actuel en dessus pourrait être évité. Toutefois le réservoir du dessus de boîte peut être utilisé.

Si les trous graisseurs de ces dessus de boîte ont le tort d'occasionner l'introduction des graviers ou des grains de charbon sur les fusées, malgré les mèches qui le garnissent (et peut-être à cause de ces mèches), on remédie à ce défaut en remplaçant la mèche en coton ou en laine par des mèches à grenaille ; elles ont l'avantage de donner exactement le débit qu'on souhaite et elles s'opposent absolument à toute introduction de sable, charbon ou autres impuretés sur les fusées.

Dans ces conditions, le réservoir des dessus de boîte pour locomotives, sinon pour les wagons, peut être utilisé à deux fins : 1° à graisser jusqu'à la gare de visite, en cas de chauffage accidentel ; à cet effet, le tube siphon T (fig. 34) qui débouche au milieu du réservoir permet de graisser à l'aide d'une mèche agissant en siphon sur la quantité d'huile que contient toujours le dessus des boîtes au-dessous du niveau du tube T et qu'on peut alimenter jusqu'à la gare de visite aussi abondamment qu'on voudra (on peut encore, en ayant ces mèches en grenaille fusible, prévenir un accident, l'huile du dessus de boîte venant d'elle-même par la fusion de l'alliage remplacer dans le dessous de boîte la provision de l'huile absente) ; 2° à alimenter constamment le dessous de boîte d'huile fraîche, que l'on dirige dans ce cas par le canal C obtenu au moulage, sur la joue du coussinet du côté extérieur à la voie, cette joue supportant tout le frottement dû au déplacement latéral des véhicules ; cette alimentation d'huile fraîche de 1/2 gramme à 1 gramme par jour remplace la petite quan-

tité d'huile qui s'évapore (huile minérale) ou qui s'use, la dénaturation de l'huile ayant pour résultat de réduire son volume en l'épaississant.

**Augmentation de résistance à la traction et perte de combustible en hiver sur les locomotives due à cette augmentation de résistance; ixomètres à grenaille.** — M. Marié signalait, d'après les statistiques <sup>1</sup>, une augmentation de 15 à 30 0/0 de consommation de charbon sur les locomotives en hiver, et observait avec raison qu'un pareil écart ne saurait être attribué à l'abaissement de la température agissant sur l'extérieur des locomotives. Il ne saurait être attribué non plus à l'obstacle plus grand qui résulte pour la traction de l'effet du vent qui souffle plus souvent en hiver qu'en été, ni à la moindre adhérence des roues aux rails à cause de l'humidité ou de la neige, car cette résistance se traduirait sans doute par une plus grande dépense de charbon, mais non par une plus grande usure des coussinets, ces causes de résistance n'ajoutant rien à la charge sur les coussinets; quelle est donc la cause de cette plus grande résistance à la traction et de l'usure plus grande des coussinets et fusées en hiver, sinon un plus grand défaut de graissage, et à quoi attribuer ce plus grand défaut de graissage si ce n'est à l'épaississement des huiles dû à la basse température qui produit une alimentation plus insuffisante des fusées par les tampons graisseurs.

Et en effet, l'épaississement de l'huile des boîtes par le froid n'est pas celui que donnent les essais à l'ixomètre

<sup>1</sup> Tome IV, page 22 de la *Revue générale des Chemins de fer*.

pour l'huile fraîche ; quand on étudie pour les basses températures de l'hiver l'augmentation de viscosité correspondant aux états plus ou moins encrassés, plus ou moins dénaturés d'une huile, on reconnaît que, pour un abaissement de température donné, son épaissement croît avec son degré d'encrassement suivant une progression rapide ; de même si l'on étudie le degré de pouvoir d'aspiration des fibres des tampons correspondants au degré d'encrassement de l'huile et à leur propre degré d'encrassement, dans le cas des basses températures de l'hiver, on constate une diminution très grande de ce pouvoir d'aspiration ; or l'état moyen soit de l'huile des boîtes, soit des fibres des tampons est un état d'encrassement ; il résulte donc de la basse température de l'hiver un épaissement exagéré de l'huile d'une part, un défaut d'aspiration des fibres du tampon d'autre part, qui expliquent ce plus grand défaut de graissage en hiver, d'où l'augmentation d'usure des fusées et coussinets, de résistance et de dépense de combustible que signalent les statistiques.

De ce que, d'après les mêmes statistiques, les chauffages de boîtes sont plus nombreux en été qu'en hiver, il ne faudrait pas conclure que le graissage est meilleur en hiver. Ces chauffages, autrement dit ces grippages, impliquent plus que de l'insuffisance de graissage, ils n'ont lieu que par défaut total de lubrification.

En hiver, pour les causes que nous venons de signaler, ayant leur point de départ dans l'abaissement de la température, il ne résulte pas un manque complet de graissage, mais une insuffisance plus grande d'alimentation des fusées par les tampons ; n'était le froid extérieur qui, par la masse des essieux et des boîtes, em-



pêche cet échauffement, on constaterait sans doute un échauffement général des fusées des wagons; un tel état ne peut que se traduire par une plus grande usure des surfaces, une augmentation de la résistance et de la dépense de combustible sur les locomotives. Pourquoi d'autre part les échauffements sont-ils plus nombreux en été? Il est à présumer que l'époque où ils ont lieu surtout sont le printemps et l'automne, lorsque le froid cesse ou commence, parce qu'alors, au printemps, la grande usure des bronzes et des fusées de quelques boîtes qui a lieu en hiver a tellement accumulé les particules solides sur le velours des tampons que l'huile, redevenant tout à coup plus fluide, du fait de la chaleur extérieure, ces particules se répandent par tout le tampon et jusqu'aux mèches d'aspiration pour les encrasser brusquement et occasionner un manque complet de graissage; en automne, les tampons qui, au printemps, ont été encrassés ainsi, mais pas au point de produire un manque complet de graissage, cessent brusquement d'aspirer et entraînent encore des chauffages.

Enfin en hiver le fait même de l'augmentation générale de résistance et d'usure des surfaces, à cause de l'aspiration moins abondante des tampons due à l'épaississement de l'huile, explique la rareté des grippages puisque, lorsque le tiédissement devient exagéré, l'huile redevenant plus fluide, et qu'alors l'aspiration du tampon redevenant plus abondante.

De ces phénomènes, qui sont certainement la cause principale de cette augmentation de dépense de combustible en hiver, on peut tirer les conclusions suivantes :

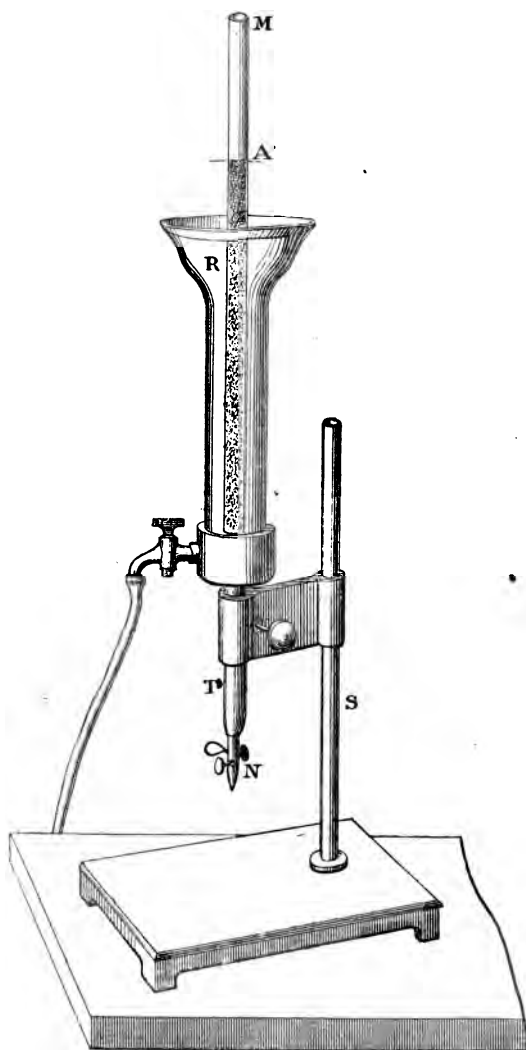


FIG. 37

1. Qu'il est nécessaire, pour éviter l'usure et la perte de charbon en hiver, de conserver en tous temps l'huile des notes et des tampons dans l'état le plus parfait possible de pureté et d'obtenir la parfaite obturation des notes.

2. Attacher une importance extrême à se servir pour le graissage des vannes les huiles s'épaississant le moins aux températures de l'hiver.

Pour se rendre compte de l'augmentation de viscosité correspondant aux diverses températures et aux divers états d'encrassement des huiles, on se sert d'instruments appelés momètres. Nous donnons les momètres à grenaille que les gredets graisseurs à grenaille, excellents momètres d'ailleurs, ont donné l'idée de construire en apportant les dispositions spéciales et les soins de fabrication requis pour tout appareil d'essais.

Un support S (fig. 37) soutient un tube calibré T, portant en A une division; il se termine à sa partie inférieure par une tubulure N pouvant être ouverte ou fermée à volonté. Un poids invariable de grenaille de plomb très fine, à grains ronds et réguliers, est introduit dans le tube; on opère à petits coups son tassement et on l'arrête lorsque le niveau de la grenaille est exactement à la division A. Pour que la température voulue soit obtenue, on introduit dans le récipient concentrique R soit un mélange réfrigérant, soit un bain de sable porté à la température voulue; on verse l'huile, elle-même portée au préalable à la température convenable, jusqu'à ce qu'elle remplisse ce tube T. Ce remplissage doit être effectué de bas en haut à l'aide d'un tube spécial; autrement, c'est-à-dire en remplissant de haut en bas, l'air ne serait pas expulsé complètement hors de la grenaille.

Il faut, avant d'ouvrir l'orifice N de débit, veiller à ce que le tube soit complètement plein jusqu'à son sommet M. Alors, ouvrant cet orifice de débit, il ne s'agit plus que de peser pendant un temps donné la quantité d'huile fournie par l'appareil ou de compter le nombre de gouttes. En opérant ainsi avec les diverses huiles dont on désire titrer la viscosité, on dresse l'échelle des viscosités pour les diverses huiles ou pour la même huile aux diverses températures ou aux divers degrés d'encrassement.

Il convient de ramener l'échelle des viscosités des huiles à celle de l'huile d'olive à 15° centigrades ; on n'a pour cela qu'à commencer par un premier essai de cette huile bien naturelle à la température de 15°.

Une précaution essentielle à prendre pour faire les essais avec cet appareil est, avant d'opérer un essai, pour chaque huile nouvelle à essayer, de bien nettoyer le tube et la grenaille ; on essuie intérieurement celui-ci avec du coton ; le bas du tube est démontable pour rendre aisé ce nettoyage. Quant à la grenaille, on la retire du tube, on l'essuie entre les plis d'un linge, on la lave avec un peu d'eau de soude ou d'ammoniaque, puis à l'eau et à l'alcool ; on la sèche finalement bien complètement en l'exposant à la chaleur douce d'une lampe, dans une tasse en porcelaine par exemple.

Il importe de ne rien perdre de cette grenaille ; il suffit de s'assurer pour cela de temps à autre du poids réglementaire qu'elle doit avoir. Pour éviter l'assujettissement de nettoyer chaque fois la même grenaille, on peut se servir d'une provision de grenaille et peser chaque fois le poids à mettre dans l'appareil ; ainsi le nettoyage de toute la provision, lorsqu'elle est épuisée,

se fait en une seule opération. Il est toujours nécessaire de nettoyer intérieurement le tube avec du coton pour chaque huile nouvelle à essayer.

Pour ces essais, au lieu de peser la quantité d'huile donnée par l'appareil ou de compter le nombre de gouttes avec chaque huile pendant un temps donné de 5, 15 ou 60 minutes, par exemple, on aurait pu dresser l'échelle d'après le temps mis par le liquide à s'abaisser dans le tube d'une hauteur donnée ; le même résultat comparatif des viscosités des diverses huiles eût été ainsi déterminé.

Quand une huile à essayer est encrassée, on peut opérer autrement : l'huile à essayer étant maintenue bien homogène par agitation, on en remplit le tube, mais en mesurant pour chaque huile le temps qu'il met à se remplir au lieu de mesurer le temps qu'il met à se vider. Le tube de remplissage est disposé spécialement à cet effet, gradué et calibré.

On a noté la minute où a commencé le remplissage, on note celle où l'huile arrive au sommet M. Le temps écoulé pour chaque huile essayée sert à construire l'échelle de viscosité de cette huile. On ramène toujours cette échelle à la viscosité de l'huile d'olive et, pour cela, on commence à essayer cette huile de la même manière que nous venons d'indiquer. Les nettoyages avant chaque essai se font comme précédemment.

Ces deux manières, également bonnes, d'essayer la viscosité des huiles, peuvent se contrôler l'une par l'autre.

Ces ixomètres à grenaille pour l'essai des huiles encrassées ont le privilège de reproduire ce qui a lieu dans la pratique lorsqu'une mèche est soumise à l'ab-

sorption d'une huile encrassée. En effet, exactement comme pour une mèche en service, le temps que met l'huile encrassée à traverser la grenaille dépend du degré d'encrassement de l'huile et, comme pour les mèches, une partie de l'impureté qu'elle contient reste dans les vides entre les grains.

Par ces essais on a donc du même coup déterminé le degré de viscosité des huiles et la diminution du pouvoir d'absorption des mèches correspondant soit au degré d'encrassement des huiles, soit aux divers abaissements de température.

## RÉSUMÉ

**Économie de charbon de 30 0/0 à réaliser à la traction du matériel roulant.** — L'usure des coussinets de wagons à voyageurs varie de 6 à 8 millimètres, celle des coussinets de wagons à marchandises de 4 à 6 millimètres par 90,000 kilomètres, c'est-à-dire par deux années de marche environ. Elle est beaucoup plus grande en hiver qu'en été, et les deux tiers environ de l'augmentation de 15 à 30 0/0 dans la dépense de combustible en hiver, signalée par M. G. Marié d'après les statistiques, doivent être attribués à cette usure et par conséquent au défaut de graissage qui existe d'ailleurs toute l'année quoique plus faiblement en été. Cette perte, confirmée par les essais directs dynamométriques, est de 20 à 25 0/0 pour la moyenne de l'année; si elle aug-

mente dans une proportion très forte en hiver, c'est à cause de l'épaississement de l'huile encrassée des boîtes dû à l'abaissement de la température qui rend beaucoup plus insuffisante l'alimentation des fusées par les tampons graisseurs. Ce défaut de graissage des fusées, plus ou moins grand selon la saison de l'année, a pour causes : 1° le défaut d'aspiration des fibres encrassées des tampons ; 2° le manque de circulation et de renouvellement de l'huile autour des fusées, qui produit l'encrassement des velours en contact avec elles ; 3° le manque d'interposition de l'huile montée par les tampons entre les surfaces des coussinets et des fusées ; il résulte de l'alimentation par humectation du dessous des fusées, l'huile avec ce mode d'alimentation n'étant pas entraînée par aspiration pneumatique, mais retombant au contraire par son poids dans le dessous de boîte, sans s'insinuer entre les surfaces ; 4° le défaut d'obturation suffisante des boîtes contre les poussières extérieures.

D'un autre côté, sur l'écart de 20 0/0 signalé par M. Marié dans la dépense de combustible, selon le plus ou moins d'habileté du mécanicien, 5 à 10 0/0 tout au plus peuvent être attribués, comme pour les autres machines à vapeur, à la manière de conduire le feu, et le reste, c'est-à-dire 10 à 15 0/0, à la manière plus ou moins intermittente et plus ou moins abondante de graisser les cylindres. L'usure des garnitures des pistons atteste ce défaut de graissage des locomotives, et les meilleurs mécaniciens eux-mêmes, avec le graissage intermittent, ne peuvent que l'atténuer.

En additionnant ces deux pertes provenant du défaut de graissage, soit des fusées de wagon, soit des cylindres

de locomotives graissées avec les graisseurs intermittents, on a un minimum de 30 0/0 de perte totale de charbon que l'amélioration du graissage actuel de ces organes, qui sont les points d'application de toute la résistance à la traction du matériel roulant des chemins de fer, doit faire éviter.

En Angleterre et en Amérique surtout, au lieu d'améliorer le graissage, le progrès paraît avoir été dirigé dans la voie du démontage rapide et presque instantané des boîtes en vue de faciliter le remplacement des coussinets; il n'est pas besoin d'insister sur le vice d'une pareille méthode, qui consiste à tourner la difficulté au prix d'un sacrifice énorme de combustible, de dépréciation et d'entretien du matériel, d'huile, de main-d'œuvre et des autres frais généraux. Rouler coûte que coûte, marcher quand même semble être la devise des ingénieurs de là-bas. Elle aboutit à des résultats désastreux comme frais de traction; encore si la sécurité des voyageurs et la marche quand même devaient y gagner, mais il n'en est pas ainsi; de plus en plus, en effet, il devient impossible de faire un long parcours en Amérique sans avoir à subir plusieurs arrêts du train pour changement des coussinets des boîtes.

C'est que tel est le principe et telles les conséquences en toutes choses; or, s'habituer à un défaut constant de lubrification des fusées et à un fréquent remplacement des coussinets amène forcément à une indifférence de plus en plus grande de la part du personnel et, en dehors des pertes de toutes natures qui en résultent, à l'impossibilité même de rouler et non pas à rouler quand même.

Nos ingénieurs français travaillent au contraire à



perfectionner sans cesse le graissage du matériel roulant des chemins de fer, et, sans parler du bénéfice qu'en retirent les Compagnies et des dividendes de leurs actionnaires, la sécurité des voyageurs, de plus en plus compromise en Amérique, y trouve chez nous de plus en plus son compte.

---

## APPENDICE

*Amicus Plato, amicus Cicero, sed  
magis amica veritas.*

### STABILITÉ DE L'UNIVERS. ÉVOLUTION PERPÉTUELLE DE LA MATIÈRE UNIVERSELLE

La stabilité de l'univers est le grand exemple de la loi d'inertie. Képler a formulé théoriquement cette loi en l'appliquant à un point matériel qu'il suppose mis en mouvement rectiligne, et il dit que, si aucune cause n'agit sur lui, ce mouvement restera indéfiniment uniforme comme vitesse, rectiligne comme direction ; mais objectivement et en réalité plusieurs points matériels existent et ces points, les points A, B, par exemple (fig. 1), s'attirent en vertu de la loi d'attraction et cependant restent en équilibre. Or ils ne peuvent s'attirer et rester néanmoins en équilibre que s'ils tournent autour d'un centre O et à la condition que la force centrifuge qui les projeterait soit précisément égale et diamétralement opposée à la force d'attraction qui les sollicite l'un vers l'autre. Donc il ne peut être autrement que tous les points matériels de l'univers tournent autour d'un axe et se fassent équilibre ; il s'en-

suit que l'univers est à l'état de sphère, ou peut-être d'ellipsoïde, tournant autour d'un axe passant par son centre.

Des forces d'attraction et de répulsion égales et contraires, nées l'une et l'autre du mouvement de rotation indéfini de la sphère universelle autour de l'axe MN, passant par son centre O (fig. 2), résultent l'équilibre et la stabilité de l'univers.

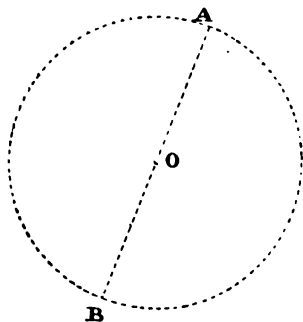


FIG. 1

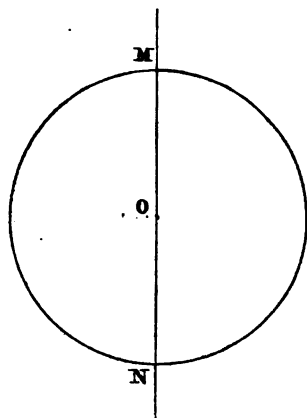


FIG. 2

Mais, si la matière universelle subit une évolution constante de l'état atomique à l'état aggloméré et de l'état aggloméré à l'état atomique, c'est dans l'attraction et la répulsion nées du mouvement initial de rotation qu'il faut trouver le principe de cette évolution, car alors elle sera indéfinie comme le mouvement initial lui-même qui les produit ; en outre, elle s'accomplira sans que l'équilibre soit détruit puisque, tandis que les points matériels se déplaceront à l'intérieur de

la sphère universelle, pour accomplir le cycle complet de cette évolution, ils auront toujours leurs symétriques diamétralement opposés dans la sphère, soit que la symétrie existe de molécule à molécule ou de masse agglomérée à masse agglomérée, soit qu'elle existe de résultante à résultante pour un système de plusieurs points ou de plusieurs masses.

Soit la sphère universelle (fig. 3) formée à l'origine de molécules ou points matériels uniformément répan-

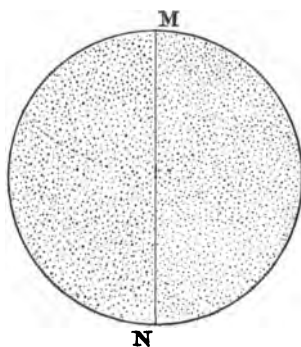


FIG. 3

dus et dans un état parfait d'homogénéité, et soit, mis en mouvement de rotation autour de l'axe MN passant par son centre, cet ensemble composant le tout de la matière existante, délimité par la périphérie de cette sphère.

Tous les points, les points A, B, par exemple (fig. 4), ayant leurs symétriques A', B', cette sphère eût-elle tourné indéfiniment et sans modification, les points sur l'équateur  $xy$  avec une vitesse maximum, les autres points avec une vitesse décroissante jusqu'aux pôles

M, N, ou les molécules extrêmes, ainsi que ceux situés le long de l'axe MN, eussent tourné sur eux-mêmes sans déplacement ?

Non, car les points de la sphère ne sont pas seulement soumis aux forces égales et contraires diamétralement opposées suivant AA', BB', ou horizontalement opposées suivant AB, A'B'; mais ils sont soumis encore à leur attraction suivant AB', BA', et il résulte de

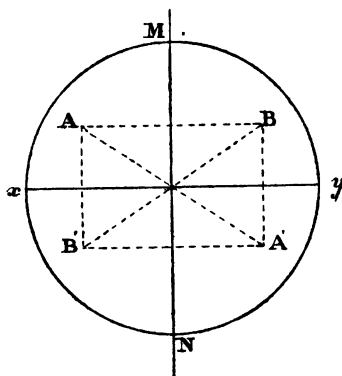


FIG. 4

cette attraction leur rapprochement forcé vers la zone  $xy$  de la sphère, leur groupement en masses agglomérées, et simultanément, du fait de l'accroissement de densité de ces masses, leur déplacement vers le plus grand diamètre ou l'équateur  $xy$  de la sphère.

A cette période d'éloignement centrifuge correspond un accroissement égal en intensité de force d'attraction. Or, apparaît ici un phénomène auquel nous devons la seconde partie de l'évolution, c'est-à-dire le

retour à l'état moléculaire des masses agglomérées ; ce phénomène est la vibration, née aussitôt qu'il y a eu rapprochement et agrégation de deux molécules, augmentée au fur et à mesure que cette agrégation augmente, c'est-à-dire au fur et à mesure que l'intensité des forces centrifuge et d'attraction augmente pour les masses agglomérées, qu'elles avancent par conséquent davantage vers la zone équatoriale de la sphère. La vibration a pour foyer le centre des masses agglomérées et son effet est l'effet directement opposé à celui de l'agrégation, l'effet de désagrégation ; de sorte qu'arrivées peu à peu à l'extrême limite de leur cheminement dans la zone équatoriale, vers le plus grand cercle  $xy$  de cette zone, limite déterminée par chaque masse par sa grosseur et par sa densité, ces masses, éprouvant dans leur maximum d'intensité les vibrations ou chaleur, commencent par fusion, gazéification, enfin désagrégation complète, à reprendre l'état moléculaire ou atomique qu'elles ont eu primitivement.

Mais elles ne reprennent peu à peu cet état moléculaire qu'en se rapprochant des pôles  $M, N$  de la sphère, et pour que ce retour vers les pôles des masses en désagrégation ait lieu, nous croyons qu'il faut admettre, de même que pour les autres axes, celui de notre monde solaire, notamment que l'axe  $MN$  de la sphère universelle est animé d'un mouvement de balancement sur lui-même, ce balancement étant figuré par les cônes opposés et symétriques  $M'OM', N'ON'$  (fig. 5) qui ont pour sommet le centre  $O$  lui-même, seul immuable dans la sphère.

Resterait à démontrer expérimentalement que ce balancement, en forçant du reste les masses dans leur

cheminement vers l'équateur à prendre une direction excentrée par rapport à cet équateur du fait du balancement  $x'ox'$ ,  $y'oy'$  que lui-même subit, a bien pour résultat de projeter la matière tangentiellement à la zone équatoriale de la sphère, suivant les tangentes  $tt'$ , car alors, étant donnée la force d'attraction exercée par les masses situées dans la zone équatoriale  $x'oy'$  sur cette matière en désagrégation ainsi projetée, celle-

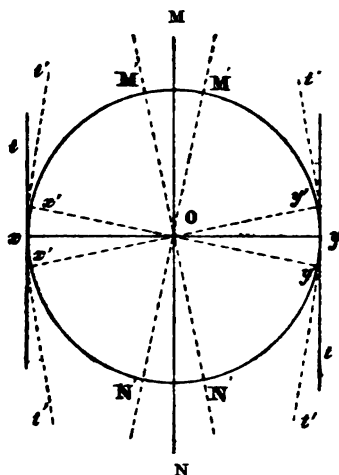


FIG. 5

ci devrait forcément, suivant la périphérie de la sphère, se rapprocher des pôles pour être reprise par l'attraction vers le centre de la sphère et recommencer ainsi indéfiniment le même cycle complet d'évolution de l'état atomique à l'état aggloméré et de l'état aggloméré à l'état atomique, cycle qui peut se représenter bien imparfaitement par notre figure 6 dans laquelle les flèches en pointillé simulent cette évolution pour

un plan supposé coupant la sphère par son centre, et par notre figure 7 où les masses en agglomération et en désagrégation sont représentées.

Combien un tel ordre, une telle harmonie sont admirables ! Rien ne se perd, rien ne se crée dans ce cycle merveilleux, ni la quantité de matière originelle, ni la quantité de mouvement initial. La loi d'inertie

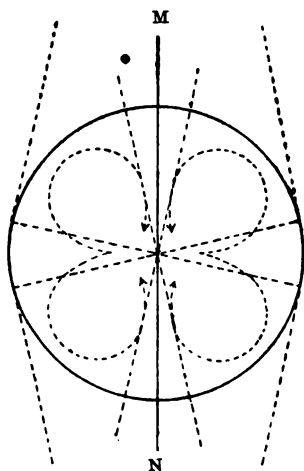


FIG. 6

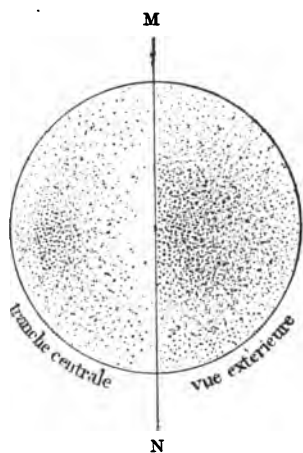


FIG. 7

est l'indéfinité de ce mouvement primordial de rotation de la sphère universelle ; ce mouvement initial engendre l'attraction égale et contraire et, par cette attraction, l'équilibre universel ; il engendre en même temps la vibration et par la vibration l'évolution qui a lieu sans rupture de cet équilibre, parce que toujours les points matériels ou les masses sont symétriques, et cette évolution est indéfinie comme le mouvement



initial lui-même qui l'a engendrée. Et maintenant, si nous comprenons que notre monde solaire, lui et tout son firmament, jusqu'aux étoiles les plus éloignées que nous révèlent nos plus forts télescopes, n'est qu'un point très peu important de la région équatoriale de la grande sphère ; si nous pensons au temps presque incalculable qu'a nécessité la première partie de son évolution et que nécessitera la seconde et au nombre indéfini d'évolutions qui suivront cette première, quelles proportions a donc notre univers comme volume et comme durée, et quel honneur pour notre esprit de contenir ce volume et de concevoir cette durée !

### CHALEUR ET LUMIÈRE

Ils sont inénarrables les effets lumineux dont jouirait le spectateur de cette cosmogonie et de cette décosmogonie perpétuelles de l'univers. La lumière, en effet, et la chaleur nées de la vibration de la matière, vibration elle-même qu'engendrent les forces d'attraction et de répulsion du fait du mouvement de rotation initial de la sphère universelle, qui marque pour ainsi dire cette sorte de lutte entre les forces d'attraction et de répulsion agissant sur la matière, qui est le résultat, si l'on veut, de cette transformation de la force d'attraction en force centrifuge, semblent être comme la révélation et la manifestation de ces forces, attendu que la vibration pouvait avoir son effet de désagrégation sans accompagnement de lumière et de chaleur, mais alors l'œil de l'homme n'eût rien connu, ses sens

n'eussent rien ressenti. La chaleur et la lumière sont pour ses sens la révélation et la manifestation objectives de l'être matériel, comme le temps et l'espace sont pour sa raison la révélation et la manifestation subjectives de cet être matériel, car sans l'un ou l'autre de ces attributs l'être matériel n'existerait pas pour lui.

Remarquons que c'est là où se trouve le moins de mouvement dans la sphère universelle, en son centre par conséquent que se trouve aussi le moins de matière et le moins de chaleur. En ce centre réside, pour nous servir d'un terme de comparaison exprimant la sensation qu'en éprouvent nos sens, le plus grand froid, froid tel que nous ne pouvons nous en faire une idée. La température doit être au centre de la sphère incomparablement plus éloignée du zéro de nos thermomètres que ne l'est le degré de chaleur le plus intense au centre des corps célestes le plus près de se désagréger, c'est-à-dire les plus chauds, le soleil par exemple, parce qu'il est présumable par tout ce que nous venons d'exposer que notre monde solaire appartient à la région équatoriale de l'univers où la matière atteint son maximum d'agrégation.

### LES PLANÈTES

Si la terre et les autres planètes sont à un degré d'agrégation plus grand que le soleil, qui vraisemblablement, vu son état d'ignition intense, n'est pas une planète d'un autre astre beaucoup plus gros, qui tourne par conséquent, ainsi que son firmament, autour de l'axe universel, c'est que ces planètes vibrent beaucoup

moins que lui. En effet, leur masse étant presque négligeable, elles participent fort peu à la vibration due à leur mouvement autour de l'axe général, tandis que l'attraction du soleil et l'orbite qu'elles décrivent autour de lui déterminent à peu près seules leur état vibratoire; les planètes et tout satellite d'un corps sidéral, quel qu'il soit, sont donc beaucoup plus froids, beaucoup plus solidifiés que l'astre à l'orbite duquel ils appartiennent; c'est ainsi que la lune est à son tour plus froide et plus solidifiée que notre planète et que l'air et l'eau ne doivent pas exister à sa surface, ainsi qu'on l'a du reste démontré.

La rotation sur eux-mêmes des planètes et satellites des corps sidéraux est imputable à l'orbite qu'ils décrivent autour de leur centre d'attraction.

Bien que moins chaud que celui du soleil, le centre de la terre, foyer de vibrations, est cependant dans un état de chaleur assez intense pour que les éléments matériels y soient incandescents et violemment projetés contre les parois internes de la croûte terrestre, les volcans sont là pour attester la violence de cette projection; mais, s'il en est ainsi pour notre terre, quelle doit être au centre du soleil et des plus gros corps célestes l'intensité de la chaleur?

Au contraire, aux pôles S, R de la terre (fig. 8), il n'existe que peu de vibrations; le froid s'y fait sentir plus qu'en tout autre point du globe, parce que, par la position de l'axe terrestre par rapport au soleil (cet axe est perpendiculaire à la ligne qui réunirait les centres de l'un et de l'autre), l'attraction du soleil ne met en vibration que des quantités de matière de moins en moins grandes de l'équateur aux pôles, où les lignes

d'attraction  $Z$ ,  $Z$  deviennent tangentes à la terre en ces points, tandis que la zone équatoriale est soumise à toutes les vibrations du plus grand diamètre de la terre. Pour la même raison, le spectateur placé au point de tangence de ces rayons d'attraction, lorsqu'il s'expose au soleil levant ou au soleil couchant, ne ressent que très peu de chaleur.

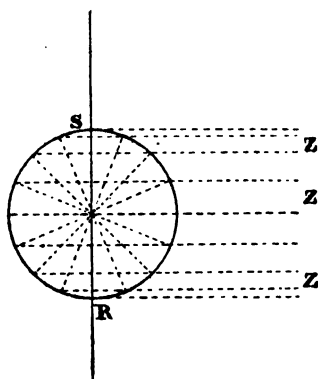


FIG. 8

De ce que le soleil se désagrège de plus en plus à mesure qu'il se rapproche davantage du point de la zone équatoriale de la sphère universelle où s'effectuera son retour à l'état moléculaire, il faut déduire qu'à mesure qu'avance ainsi son évolution, la terre et les autres planètes, maintenues de moins en moins par son attraction de plus en plus faiblissante, ont leur orbite qui augmente peu à peu d'étendue ; elles s'éloignent peu à peu du soleil en se refroidissant et en se solidifiant davantage, jusqu'à ce qu'enfin elles quittent brusquement son

champ d'attraction pour être projetées dans un autre champ, atteindre une autre agglomération, se souder à elle ou bien se volatiliser en route si le trajet est de trop longue durée ou si l'intensité des vibrations à laquelle elles sont soumises dans ce trajet est suffisante pour les volatiliser promptement.

### **IRRADIATION CALORIFIQUE ET LUMINEUSE DE LA TERRE ET DES PLANÈTES VERS LE SOLEIL.**

Le principe une fois posé d'après lequel la terre et les autres planètes ont en leur centre le foyer de leur vibration confondu avec le foyer d'attraction et de répulsion né de l'attraction qu'exerce sur elles le soleil et de leur mouvement de rotation autour de lui, comme le soleil lui-même et les autres corps sidéraux ont le foyer de leur vibration en leur centre confondu avec le foyer d'attraction et de répulsion né de l'attraction qu'ils exercent les uns sur les autres par leur position symétrique dans la sphère universelle et de leur mouvement de rotation autour de l'axe de cette sphère, le corollaire qu'il faut en tirer est que la chaleur et la lumière qui se ressentent à la surface de la terre, des planètes et des corps sidéraux, ne sont autre chose que l'irradiation calorifique et lumineuse des vibrations de chacun d'eux, irradiation que l'atmosphère qui entoure la terre nous permet de percevoir, qui est dirigée dans le sens même des forces d'attraction et de répulsion qui l'engendrent, de sorte que ces rayons calorifiques et lumineux se confondent comme direction avec les

rayons d'attraction, mais qu'ils émanent en réalité des masses elles-mêmes où ils se produisent.

Ainsi les rayons calorifiques et lumineux pour la terre sont les vibrations que lui fait éprouver l'attraction du soleil équilibrant la force centrifuge qui la projeterait, vibrations développées en son sein, irradiées par elle dans le sens de ces rayons d'attraction et de répulsion et non par le soleil, puis transmises jusqu'à la terre. Il est vrai que les choses se passent pour nos sens comme si la terre recevait réellement du soleil les rayons de chaleur et de lumière que nous ressentons; mais, en examinant davantage tous les phénomènes calorifiques et lumineux observés jusqu'ici, on reconnaît qu'ils ne peuvent s'expliquer que par cette irradiation.

En effet, nous avons dit un mot de la chaleur produite à l'équateur de la terre parce qu'il est soumis aux vibrations développées par l'attraction solaire sur toute l'épaisseur du plus grand diamètre de la sphère terrestre; du froid ressenti en ses pôles, où les rayons d'attraction restent tangents à la sphère en ces points; du peu de chaleur ressenti au soleil levant et au soleil couchant, à l'un des points quelconque de la périphérie de la terre, parce que les rayons d'attraction atteignent toujours l'observateur tangentielllement à la terre; de la température excessive qui met la matière au centre de la terre dans un état d'ignition et de répulsion intenses, parce que le centre de la terre est le foyer de ses vibrations: de même la chaleur de plus en plus forte que nous constatons quand nous nous enfonçons dans la terre par les puits de mines par exemple, le froid de plus en plus vif que nous éprouvons en nous élevant sur les hautes montagnes ou en ballon, se trouvent

expliqués, tandis que la terre tout entière devrait être chauffée partout également, vu la distance énorme du soleil et le volume insignifiant de la terre, comme un rôti à la broche tournant devant un brasier (qu'on nous passe cette comparaison), si sa masse était exposée aux rayons émis par le soleil toujours avec la même intensité. Si la terre était le rôti et le soleil le brasier, le passage du jour à la nuit ne serait pas suffisant pour justifier le refroidissement considérable dont il est suivi; enfin ce serait à la surface de la terre et non en son centre qu'existerait le plus de chaleur. En été, le soleil étant plus éloigné de la terre, la masse de celle-ci devrait se refroidir au lieu de s'échauffer, tandis qu'en réalité c'est aux vibrations beaucoup plus intenses développées dans la masse terrestre par l'attraction beaucoup plus grande qu'elle subit en raison de cet éloignement qu'il faut attribuer les chaleurs de l'été. Que les taches du soleil soient des éruptions de masses de matière plus ou moins agglomérée à une distance plus ou moins grande de sa périphérie normale, l'attraction différente qui en résulte pour la terre, mais qui n'a que bien peu de pouvoir, se traduit par des troubles dans notre atmosphère, à cause de son extrême mobilité, de même que l'attraction de la lune sur les mers produit les marées.

Ainsi expliquerions-nous beaucoup d'autres phénomènes qui obligent, dans l'hypothèse contraire de l'émission de la chaleur solaire et de sa transmission à la terre, malgré les froids excessifs des espaces intersidéraux, à toutes sortes de suppositions ingénieuses mais peu fondées, la vibration de l'éther par exemple, qu'on admet avoir lieu sans ondulations, alors que les milieux intersidéraux se comportent identiquement comme les

autres milieux, comme l'eau ou l'air par exemple, lorsqu'ils propagent lumière, chaleur ou son; seulement, dans ces espaces, les ondes produites ont une amplitude extrêmement faible, proportionnée à la raréfaction de la matière, tellement faible même qu'elles échappent sans doute aux moyens dont nous disposons pour en révéler l'existence.

Toutefois, contre l'irradiation calorifique et lumineuse de la terre et des planètes, ainsi du reste que de toutes les masses agglomérées, vers leur centre d'attraction, une objection très spécieuse, mais qui n'est que spécieuse, se présente naturellement à l'esprit. Du centre de la terre, foyer de vibration, à la périphérie de notre atmosphère, nous constatons bien que la température va en décroissant de plus en plus à mesure que nous nous éloignons de ce centre, donc l'irradiation calorifique de la terre dans la direction du soleil semble démontrée; elle semble l'être également par les phénomènes calorifiques et lumineux (ceux-ci sont inséparables de ceux-là) dont nous avons parlé; pourquoi cependant, étant à la surface de la terre, si nous nous exposons au soleil à découvert, ressentons-nous une vive chaleur, tandis que, si nous nous abritons dans une grotte, une maison, sous un nuage, un mur, un arbre, une ombrelle, un chapeau, sous le moindre écran en un mot, éprouvons-nous une diminution de chaleur considérable? Si cette chaleur était émise par la terre, elle devrait persister plus forte entre la terre et l'écran qu'au-dessus de cet écran.

Pour comprendre qu'un écran, si léger soit-il, pourvu qu'il soit plus dense que notre atmosphère, interrompe les vibrations calorifiques et lumineuses émises par la



terre, disons-nous. du fait de l'attraction du soleil, émises par celui-ci, a-t-on dit jusqu'ici, il faut étudier de plus près le phénomène de la vibration calorifique et lumineuse à la surface de la terre.

Supposons que l'atmosphère terrestre n'existât pas, comme pour la lune, par exemple, et que le même milieu qui existe dans les espaces intersidéraux entourât la terre; vu la raréfaction extrême de la matière dans ces milieux, l'irradiation calorifique à la surface de la terre serait nulle ou tout au moins nos sens ne seraient pas assez sensibles pour la percevoir; nous éprouverions en effet le froid que nous éprouvons lorsque nous nous élevons en ballon dans les régions les plus hautes de notre atmosphère et que nous ressentirions bien plus intense encore si nous dépassions la limite de cette atmosphère; nos sens ne percevraient pas davantage la lumière (qui s'irradie incomparablement plus loin que la chaleur à milieu propagateur égal) s'il nous était possible de nous transporter à une distance suffisamment éloignée ou si la raréfaction de la matière était absolue. Il faut en conclure que l'irradiation calorifique et lumineuse qui se ressent à la surface de la terre est due à l'atmosphère qui l'entoure; cela est admis du reste dans l'hypothèse de la transmission à la terre de la chaleur émise par le soleil. Quant à démontrer que tout écran interrompra cette irradiation calorifique et lumineuse pourvu qu'il soit plus dense que l'atmosphère, on l'admettra comme une chose évidente par elle-même.

Ce point étant admis que l'irradiation calorifique et lumineuse à la surface de la terre est due à l'atmosphère terrestre, pourquoi d'autre part la croûte ter-

restre, sur une notable épaisseur du côté de sa surface externe, est-elle moins chaude, lorsqu'elle est exposée au soleil, que l'air qui touche cette surface ? C'est que les rayons vibratoires calorifiques et lumineux émis par la terre dans la direction du soleil, en traversant la croûte terrestre et l'atmosphère, ont une quantité de matière solide à réchauffer beaucoup plus considérable que la quantité d'air répandue à la surface de cette croûte terrestre ; il y a donc forcément une élévation de température (qui pourrait se calculer exactement) bien plus grande de l'atmosphère que de la croûte terrestre, alors même que les vibrations émises diminuent de plus en plus d'intensité du centre à la surface de la terre.

Maintenant, qu'il faille placer l'écran entre le soleil et nous, et non entre la terre et nous, pour nous mettre à l'abri de la chaleur, comment pourrait-il en être autrement ? Si l'écran est entre la terre et nous, la surface de cet écran se substitue à la surface de la terre et nous ressentons les vibrations émises par la terre au point de sa surface occupée par l'écran ; si au contraire nous plaçons celui-ci entre le soleil et nous, c'est nous ainsi que l'écran, ainsi que l'air compris entre la terre et l'écran, qui appartenons à la terre jusqu'à la surface de notre écran ; cette surface de l'écran se substitue à la surface de la terre, pourvu, comme nous l'avons dit, qu'il ait une densité supérieure à celle de l'air, et se substituant à la surface de la terre, devenant en réalité cette surface, c'est seulement de cette surface de l'écran que part l'irradiation calorifique et lumineuse de la terre due à l'attraction du soleil. La sensation calorifique et lumineuse qu'éprouve la surface

de l'écran est donc celle de la surface de la terre en cette place occupée par l'écran, et la sensation éprouvée sous la surface de l'écran est celle ressentie sous la surface de la terre en cette place de la terre occupée par l'écran ; or, sous la surface de la terre, dans la croûte terrestre, la chaleur est celle propre à la terre, qui est moindre, ainsi que nous l'avons vu, que celle de l'atmosphère qui touche cette surface. Nous négligeons ici, bien entendu, l'influence que peut produire sur notre corps placé sous l'écran, soit la réflexion des surfaces voisines, soit la conductibilité du milieu ambiant, le phénomène d'irradiation de la terre étant le seul que nous ayons ici à expliquer.

On le voit, cette explication simple et vraie réduit à sa juste valeur, c'est-à-dire détruit l'objection qu'on pouvait faire naître contre l'irradiation calorifique et lumineuse de la terre, de ce que l'interposition d'un écran, pour mettre à l'abri de la chaleur un corps exposé au soleil, doit être faite entre le soleil et le corps à abriter et non entre le corps à abriter et la terre.

Un ballon ou un nuage, si leur ombre ne se projette plus sur la terre parce qu'ils sont trop éloignés, ne sont plus des écrans ; les choses se passent chez eux comme sur des masses agglomérées distinctes, satellites de la terre, quant aux phénomènes d'attraction, mais non quant à l'équilibre dont ils jouissent qui n'est pas celui des satellites ; l'ordre des phénomènes qui s'y observeraient serait très utile à étudier et jetterait un jour nouveau, croyons-nous, sur la thèse que nous soutenons.

## COMMENCEMENT DU MONDE

Au premier moment où fut formée et mise en mouvement la sphère universelle de molécules homogènes uniformément répandues, la loi que Képler a découverte avait son application; cette sphère était inerte, aucune cause extérieure n'agissant sur elle, son mouvement fut indéfini. A ce premier moment se produisit aussi le premier groupement de molécules et les lois newtoniennes étaient appliquées; simultanément étaient engendrées la première et les premières vibrations, par conséquent avaient lieu les premiers effets calorifiques et lumineux. A cette première période correspond la formation des masses sidérales dont se compose le firmament universel pour le spectateur supposé placé au centre de la sphère. On peut comparer cette période au monde sortant du chaos.

La deuxième période semble caractérisée par la formation de notre soleil et des étoiles qui l'entourent, autrement dit par la formation de notre firmament particulier autour du soleil.

La séparation dans les masses agglomérées des couches de matière suivant leur densité, le refroidissement des unes, par conséquent leur solidification, l'état liquide ou gazeux des autres furent le fait de la troisième période. Dès lors les végétaux purent apparaître, à la condition toutefois que leur semence ait été jetée, car on n'expliquerait pas que la vie végétale fût du mouvement appliqué à la matière, les seuls éléments qui fussent alors dans l'univers.

A la quatrième période a dû correspondre la dislocation et la projection d'une partie de la masse du soleil arrivé au point de son cheminement vers l'équateur de la sphère universelle où commence la seconde partie de son évolution, dislocation et projection d'où sont nés les planètes et les satellites. A ce moment ont dû commencer, pour notre terre, tous les phénomènes que nous y observons. Tous ces phénomènes ne peuvent s'accomplir que sur notre planète seulement, car aucune autre masse ne doit se trouver vraisemblablement dans la situation exacte où est notre terre par rapport au reste du monde ; en effet, il faudrait que cette autre masse eût exactement le même volume et le même poids que la terre, qu'elle eût un satellite de même volume et de même poids que la lune, que ce satellite décrivit exactement le même orbite que décrit la lune autour de la terre, que la masse dont il s'agit décrivit exactement, autour d'un soleil de même volume et de même poids que le nôtre, le même orbite que décrit la terre autour du soleil ; il faudrait que le soleil autour duquel elle graviterait eût exactement les mêmes planètes que notre soleil, qu'elle se trouvât enfin située à la même place que la terre par rapport à chacune des étoiles et de toutes les autres masses sidérales d'ailleurs dont se compose la sphère universelle. En un mot, tous les phénomènes que nous observons sur notre terre ne peuvent s'accomplir sur une autre planète parce qu'il faudrait que tout le reste de l'univers fût, par rapport à elle, précisément ce qu'il est par rapport à notre terre.

Pour si peu, en effet, que fût différente la situation de la terre, par rapport au reste de l'univers, aucun des

phénomènes qui s'y produisent ne s'y produirait ; il ne s'y produirait ni les mêmes effets calorifiques et lumineux, ni la même alternance des jours et des nuits, des saisons et des années, ni les mêmes climats, ni les mêmes vents, ni les mêmes pluies, ni les mêmes amoncellements d'eau dans les mers, ni les mêmes neiges sur les hautes montagnes, ni le même genre de végétation, enfin ne s'y rencontreraient pas les mêmes conditions d'existence qui sont celles des animaux et de l'humanité.

•

### CONCLUSIONS PHILOSOPHIQUES

Les chimistes diront, d'après ce que nous venons d'exposer, qu'il ne peut exister dans tout l'univers qu'un seul corps simple, celui qui se trouvait à l'origine uniformément répandu. Nous répondrons que l'affirmative ou la négative peuvent être soutenues sans infirmer en rien les conséquences des principes que nous avons posés, mais que probablement la science finira par prouver, comme elle l'a fait plusieurs fois déjà, que tel corps simple, admis comme corps simple, devrait être rayé de la liste des corps simples ; il faudrait donc attendre pour savoir où s'arrêtera cette élimination. La diversité des corps peut n'être autre chose que la matière pondérable originelle affectant, suivant les lois, comme toutes les autres primordiales et inaltérables, et du fait des conditions particulières dans lesquelles elle s'est trouvée pendant la période de son agrégation, différents états auxquels correspondent des propriétés particulières.

Les naturalistes diront qu'ils ne voient pas où s'arrête le règne minéral et où commence le règne végétal, où s'arrête le règne végétal et où commence le règne animal : nous répondrons que, puisque tous les règnes sont formés du même ou des mêmes éléments chimiques, la vie particulière à chacun d'eux est le seul attribut qui les distingue, c'est donc dans le principe de vie qu'il faut chercher la différence entre les êtres animés. Nous n'expliquons pas pour notre compte que la vie végétale soit du mouvement appliqué à la matière, à plus forte raison ne l'expliquons-nous pas pour la vie animale. En effet, les espèces se perpétuent et ne se confondent jamais, elles se perdent, il ne s'en crée pas : il faut en conclure que chacune a eu son commencement et a été créée de toutes pièces.

Les philosophes, enfin, disent : puisque l'univers est un ensemble fini et délimité, nous avons l'un des termes d'une relation, où est l'autre ? Il se suffit à lui-même sans désordre du fait de son mouvement initial et des lois primordialement établies qui le régissent, qu'est-ce que l'ordre premier moteur et primordialement législateur ? qu'est-ce que la passivité de la matière accomplissant des lois subjectives, raisonnées et intelligentes ? Certaines propriétés des corps n'ont été appliquées que de nos jours, certaines autres ne seront peut-être jamais appliquées, qu'est-ce qu'une propriété, une loi non appliquée ? Un premier degré d'être matériel, l'atome par excellence où l'unité de matière existe, dont nous connaissons la place au centre de la sphère universelle, qu'est-ce que l'absence de toute matière au-delà de cette sphère ? L'être matériel a pour attributs le temps ou durée et l'espace, qu'est-ce que ce temps et

cet espace sans lesquels l'univers, l'être matériel, n'existerait pas ?

Nous répondrons que, puisque nous connaissons le premier degré de l'être matériel, il y a sans doute une bien petite différence physique entre ce dernier degré de raréfaction de la matière au centre de la sphère universelle et le degré au dessous, c'est-à-dire l'absence de toute matière que nous pouvons dès lors concevoir parfaitement autour d'elle. Quant aux attributs de la matière, remarquons bien que c'est l'espace qui est l'attribut de l'être matériel et non l'être matériel qui est l'attribut de l'espace, de sorte que l'être matériel, n'existant pas encore ou cessant d'exister, l'espace continue d'être ; de même c'est le temps qui est l'attribut de l'être matériel et non l'être matériel qui est l'attribut du temps, de sorte que l'être matériel n'existant pas encore ou cessant d'exister, le temps continue d'être. Donc l'être matériel peut cesser d'exister ou aurait pu ne pas exister sans que l'espace et le temps cessent d'être ou n'aient pas pu être. D'autre part, l'espace est différencié du temps en ceci, qu'il ne peut être l'attribut d'autres êtres que de l'être matériel, tandis que le temps peut être l'attribut d'autres êtres que de l'être matériel, c'est-à-dire d'êtres immatériels.

Enfin, de ce que l'univers est un ensemble fini et limité, se suffisant à lui-même sans désordre, de ce qu'une première impulsion lui a été donnée, de ce qu'il obéit dans sa passivité à des lois, de ce que ces lois ou propriétés peuvent être non appliquées et rester comme en réserve, il faut conclure à l'existence, au-delà de l'être physique et matériel, d'un être métaphysique et subjectif. Maintenant, de ce que ces lois sont



intelligentes et raisonnées, il faut conclure à l'existence de l'intelligence et de la raison dans cet être métaphysique ; c'est lui qui est donc le second terme de la relation dont le monde physique est le premier terme et parce que c'est lui, en tant que premier moteur et premier législateur, qui préexistait à l'univers, celui-ci ne peut qu'émaner de lui et être son œuvre.

#### OPINION DE LAPLACE SUR LE SYSTÈME DU MONDE

Nous lisons, page 214, tome premier, dans l'*Exposition du système du monde* de M. de Laplace (édition Bachelier, 1836) les lignes suivantes :

« Il résulte de l'immense distance des étoiles que  
« leurs mouvements en ascension droite et en déclinaison ne sont que des apparences produites par le  
« mouvement de l'axe de rotation de la terre. Mais  
« quelques étoiles paraissent avoir des mouvements  
« propres, et *il est vraisemblable qu'elles sont toutes*  
« *en mouvement, ainsi que le soleil qui transporte avec*  
« *lui dans l'espace le système entier des planètes et*  
« *des comètes*, de même que chaque planète entraîne  
« ses satellites dans son mouvement autour du soleil. »

Ces lignes ne semblent-elles pas bien faites pour encourager les savants, auxquels nous dédions cet appendice à notre *Traité du graissage des machines* auquel il se rattache (la stabilité de l'univers étant le grand exemple de la loi d'inertie qui est le point de départ de notre étude du frottement en mécanique) à prêter une bienveillante et sérieuse attention à l'expli-

cation du système du monde, de l'origine de la chaleur, enfin des phénomènes calorifiques et lumineux qui en découlent, que, sans aucun droit sans doute à aborder un pareil sujet, mais comptant sur leur indulgence, nous nous sommes permis de donner, parce que nous la croyons vraie ; dans cette foi est notre excuse, et eux, nos maîtres, ne regardant pas à l'indignité de l'ouvrier qui leur fournit ces matériaux, ils les pèseront et nous attendrons d'eux un encouragement, s'il y a lieu, et un conseil.

ET. VERNY.

Réaumont, 19 juillet 1891.

---



# TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	v
<b>I. — ANALYSE DU PHÉNOMÈNE DU GRAISSAGE.....</b>	<b>1</b>
Nature et cause du frottement en mécanique.....	1
Définition du frottement.....	4
Définition du frottement de glissement.....	4
Définition du frottement de roulement.....	4
Des lubrifiants.....	5
Le rôle du lubrifiant est de supporter toute l'usure due au frottement au lieu et place des surfaces.	6
L'épaisseur de la couche de lubrifiant entre les surfaces peut suppléer à sa qualité.....	7
L'épaisseur de la couche de lubrifiant peut suppléer au manque d'étendue des surfaces.....	9
Difficulté d'interposition de l'huile. Propriété de certaines huiles et des métaux mous antifricition d'adhérer davantage.....	9
Préjudice causé aux machines par les poussières..	11
<b>II. — GRAISSAGE DES TOURILLONS.....</b>	<b>12</b>
Circulation d'huile toujours pure.....	12
Alimentation surabondante des tourillons.....	13
Interposition surabondante de l'huile entre les surfaces du tourillon et du coussinet.....	14
Évacuation de l'huile hors des tourillons et sa récupération.....	16
Purification de l'huile.....	19
Préservation des surfaces frottantes de tout contact des poussières extérieures.....	20
Économie maximum de lubrifiant.....	21
De la graisse consistante employée comme lubrifiant.	22

<b>III. — VALEUR COMMERCIALE ET POUVOIR LUBRIFIANT DES DIVERSES HUILES. MÉTHODE DYNAMOMÉTRIQUE ET NOUVEAUX APPAREILS D'ESSAI DES LUBRIFIANTS ET DES DIVERSES MÉTHODES DE GRAISSAGE.....</b>	<b>26</b>
Raisons qui doivent présider au choix du lubrifiant.....	26
Moyens actuels d'essayer les huiles.....	28
Méthode dynamométrique et nouveaux appareils à essayer et à titrer les huiles de graissage.....	32
Dynamomètre de rotation de M. Leneveu.....	33
A. — Ses applications générales.....	33
B. — Description du dynamomètre.....	34
C. — Indicateur des flexions du ressort.....	40
D. — Organisation de l'attelage des plateaux.....	44
E. — Compteurs de tours.....	49
F. — Cylindre enregistreur.....	50
G. — Tableau donnant sans calcul le travail en chevaux.....	51
Diagramme obtenu avec le dynamomètre de rotation de M. Leneveu, représentant le travail d'une machine à fraiser tournant à vide ou fraisant une plaque d'acier doux de 14 <sup>m</sup> / <sub>m</sub> par passes de diverses épaisseurs.....	56
Explication des diverses phases du diagramme....	56
Essai des huiles.....	64
Conduite des essais les plus usuels à 50 k <sup>os</sup> de charge par centimètre et à la température ordinaire.....	66
Conduite des essais aux diverses charges et à la température ordinaire.....	70
Conduite des essais à la charge de 50 k <sup>os</sup> par centimètre et aux diverses températures. Essais des huiles pour machines à vapeur.....	71
Conduite des essais dans le cas de fortes charges et de hautes températures simultanées.....	72
Manière d'établir l'échelle des coefficients d'opacité de l'huile d'olive sur les feuilles à diagrammes.....	73
Vérification des indications de l'appareil.....	76
Justification de la quantité d'huile de 0 gr. 20 adoptée comme quantité réglementaire pour les essais.....	77

<b>IV. - AUTRES APPLICATIONS DE CETTE MÉTHODE DYNAMOMÉTRIQUE.....</b>	<b>79</b>
Perte de force correspondant à l'usure des touril- lons et coussinets insuffisamment graissés. Perte de combustible sur les locomotives correspon- dant à l'usure courante des coussinets et fusées de wagon.....	79
Comparaison des diverses méthodes et des divers appareils de graissage. Évaluation du préjudice causé par les poussières.....	86
<b>V. - ENGINs GRAISSEURS A GRENAILLE APPLIQUANT LE PRINCIPE DE LA CIRCULATION SURABONDANTE D'HUILE TOUJOURS PURE AUTOUR DES TOURILLONS.....</b>	<b>88</b>
Propriétés de la grenaille.....	89
Moyen de régler les débits de l'huile circulant à travers la grenaille, quelle que soit la qualité d'huile employée.....	93
Propriétés de la plombagine qui la rendent éminem- ment propre à la filtration. Filtre à grenaille de plombagine.....	95
Graissage par godets graisseurs.....	99
Description des godets graisseurs à grenaille, sé- rie A.....	103
Description des godets à grenaille, séries AR et D.	105
Graissage par paliers graisseurs.....	106
Paliers graisseurs, série A, à récupération d'huile hors des paliers.....	107
Paliers graisseurs, série B, à circulation d'huile et à filtration automatiques.....	108
Poulies folles, excentriques, glissières, têtes de bielles, etc.....	112
Glissières excentriques, etc.....	115
Graisseurs pour machines à vapeur.....	115
Série A à débit continu, réglable à volonté, et à compte gouttes.....	119
Série H à tube niveau extérieur.....	120
Graissage des roues de voitures, chars, etc.....	121
Graisseurs pour roues d'artillerie.....	122

